



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA
DE MINAS Y ENERGÍA



Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA DE UN EDIFICIO DE OFICINAS

**Energetic behavior and improvement proposals study
of an office building**

Para acceder al título de:

GRADO EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

Autor: LUIS MATEO BOLADO

Director: JUAN CARCEDO HAYA

Convocatoria: Febrero 2019

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. LA ACTIVIDAD HUMANA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO	9
1.2. LA IMPORTANCIA DEL SECTOR ENERGÉTICO EN LAS EMISIONES	10
1.3. EL IMPACTO ENERGÉTICO DE LOS EDIFICIOS PERTENECIENTES AL SECTOR SERVICIOS	12
1.4. LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS	13
1.5. LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS EN ESPAÑA.....	14
1.6. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN DE REFERENCIA.....	15
2. OBJETO Y ALCANCE	16
3. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS ENERGÉTICO.....	17
3.1. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	17
3.1.1. Sobre las herramientas	17
3.1.2. Edificio objeto del estudio.....	17
3.1.3. Sistema envolvente, cerramientos y particiones interiores	19
3.1.4. Ocupación.....	34
3.1.5. Cargas térmicas.....	36
3.1.6. Horarios	40
3.1.7. Instalaciones	48
4. RESULTADOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	67
4.1. VARIABLES ANALIZADAS	67
4.2. COEFICIENTES DE PASO DE ENERGÍA Y FACTORES DE EMISIÓN DE CO2	70
4.3. INDICADORES	72
4.4. CONSUMO DE ENERGÍA	73
4.5. EMISIONES DE CO2.....	76
5. PROPUESTAS DE MEJORA	78
5.1. MEJORAS RELACIONADAS CON LA ENVOLVENTE TÉRMICA.....	79
5.1.1. Mejora 1: Empleo de poliestireno extruido en fachada y cubierta.....	79
5.2. MEJORAS RELACIONADAS CON LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN	82
5.2.1. Mejora 2: Cambio del sistema de climatización actual por otro del tipo VRF.	82

5.2.2. Mejora 3: Cambio de la caldera eléctrica actual para climatización por una de biomasa	89
5.3. MEJORAS RELACIONADAS CON LA ILUMINACIÓN	93
5.3.1. Mejora 4: Sustitución total de la iluminación interior actual por LED.....	93
5.3.2. Mejora 5: Sustitución parcial de la iluminación interior actual, excluyendo garajes, por LED.....	97
5.4. MEJORA CONJUNTA	101
5.4.1. Mejora 6: Sustitución total de iluminación por LED y cambio a caldera de biomasa para climatización	101
6. CONCLUSIONES	104
7. ANEXOS.....	108
8. BIBLIOGRAFÍA	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Zonas climáticas de la Península Ibérica [22].....	20
Tabla 3.2. Parámetros característicos de la envolvente en función de la zona climática (DB-HE)	21
Tabla 3.3. Resumen transmitancia térmica	22
Tabla 3.4. Materiales empleados	23
Tabla 3.5. Composición fachada M1	25
Tabla 3.6. Composición cubierta C1	26
Tabla 3.7. Composición suelo S1	26
Tabla 3.8. Composición suelo S2	27
Tabla 3.9. Composición suelo S3	27
Tabla 3.10. Composición tabique T1.....	28
Tabla 3.11. Composición muro M2	28
Tabla 3.12. Composición división M3.....	29
Tabla 3.13. Características vidrios	30
Tabla 3.14. Características marcos de vidrios	31
Tabla 3.15. Características huecos de fachada	31
Tabla 3.16. Valores de puentes térmicos.....	34
Tabla 3.17.Tabla densidades de ocupación en función del uso previsto [27]	34
Tabla 3.18. Ocupación.....	35
Tabla 3.19. Valores típicos de calor sensible y latente por ocupante [30]	37
Tabla 3.20. Valores típicos de calor en función de la actividad [31]	37
Tabla 3.21. Carga térmica de equipos	38
Tabla 3.22.. Ganancias internas debidas a equipos [22].....	38
Tabla 3.23. Valores habituales de renovaciones hora de aire infiltrado en los espacios [30]	39
Tabla 3.24. Capacidades y caudales de refrigeración.....	49
Tabla 3.25. Capacidades y caudales de calefacción.....	50
Tabla 3.26. Características de las bombas creadas (Calener GT)	50
Tabla 3.27. Características técnicas calderas Serie 210 [33].....	51
Tabla 3.28. Características técnicas Ecosys KC [34]	52
Tabla 3.29. Capacidades de refrigeración y calefacción y caudales de impulsión de aire	53
Tabla 3.30. Caudales y potencia extractores	54
Tabla 3.31. Características técnicas extractores Sodeca [35].....	58
Tabla 3.32. Caudales y potencia extractores de humo.....	58

Tabla 3.33. Demanda de referencia de ACS a 60°C según el tipo de uso de la edificación [22]	60
Tabla 3.34. Temperatura media agua fría en Santander [22]	60
Tabla 3.35. Características técnicas termo Saunier Duval 150 SDN [36]	62
Tabla 3.36. Especificaciones técnicas Sistema Solar Weishaupt Solar WTS-F1 [38]..	63
Tabla 3.37. Luminarias originales instaladas	64
Tabla 3.38. Iluminancia en función de uso	64
Tabla 3.39. Niveles mínimos de iluminación [39]	65
Tabla 3.40. Características iluminación por espacios.....	65
Tabla 3.41. Valores de VEEI límite según zona [22]	66
Tabla 4.1. Factores de conversión de energía final a primaria [40]	70
Tabla 4.2. Factores de emisiones de CO2 [40]	71
Tabla 5.1. Características XPS	79
Tabla 5.2. Especificaciones PURY-P200YGM-A [44].....	84
Tabla 5.3. Características unidades exteriores climatización	85
Tabla 5.4. Características iluminación led total	94
Tabla 5.5. Características iluminación led parcial	97
Tabla 7.1. Superficies reales Planta Sótano -2	108
Tabla 7.2. Parámetros para definición geométrica en Calener GT P01	108
Tabla 7.3. Superficies reales Planta Sótano -1	109
Tabla 7.4. Parámetros para definición geométrica en Calener GT P02.....	109
Tabla 7.5. Superficies reales Planta Baja.....	110
Tabla 7.6. Parámetros para definición geométrica en Calener GT P03.....	111
Tabla 7.7. Superficies reales Planta 1.....	112
Tabla 7.8.. Parámetros para definición geométrica en Calener GT P04.....	112
Tabla 7.9. Superficies reales Planta 2.....	113
Tabla 7.10. Parámetros para definición geométrica en Calener GT P05.....	114

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Anomalías del promedio anual y global de temperaturas en superficie (negro), terrestres (marrón) y oceánicas (azul), combinadas respecto del promedio de 1986 a 2005. Fuente IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Informe de síntesis [2]	9
Ilustración 1.2 Fuente IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Informe de síntesis [2]	9
Ilustración 1.3 Emisiones globales de CO ₂ relacionadas con la energía por sector y región. “Otro” incluye agricultura, y uso no energético (excepto materia prima petroquímica). Fuente International Energy Agency (IEA) 2015 [3].....	10
Ilustración 1.4 Producción Mundial de Energía. Fuente International Energy Agency (IEA), Agosto 2018 [4].....	10
Ilustración 1.5 Emisiones mundiales de CO ₂ en millones de toneladas por región. Fuente International Energy Agency (IEA) junio 2018 [4].....	11
Ilustración 1.6 Porcentaje de edificios residenciales y de servicios por nivel de antigüedad. Fuente Comisión de Expertos sobre Escenarios de Transición Energética [14].	12
Ilustración 1.7 Consumo del Sector Servicios en España, 2016. Fuente: INE/MITECO/IDEA [15].....	12
Ilustración 1.8 Consumo Energético del Sector Servicios según Fuentes Energéticas en España, 2000-2016. Fuente: MITECO/IDAE [15].....	13
Ilustración 1.9 Modelo de Etiqueta de Proyecto. Directiva 2010/31 UE. Fuente Ministerio para la Transición Ecológica [17].	13
Ilustración 3.1. Vuelo PNOA 2017 (IGN España)	17
Ilustración 3.2. Orientación del Edificio (HULC)	18
Ilustración 3.3. Mapa ubicación Google Maps.....	18
Ilustración 3.4. Apariencia edificio real construido. Fachada norte (Sodercan-Archivo)	18
Ilustración 3.5. Apariencia simulación edificio. Fachada norte (Calener GT)	19
Ilustración 3.6. Resistencias térmicas superficiales [23].....	24
Ilustración 3.7. Estructura de marco con rotura de puente térmico para vidrio que incorpora cámara de aire [24]	30
Ilustración 3.8. Factor de sombra para obstáculos de fachada: lamas [23]	32
Ilustración 3.9. Representación geométrica de lamas (Calener GT)	32
Ilustración 3.10. Localización de puentes térmicos en el edificio objeto del estudio. (Calener GT).....	33
Ilustración 3.11. Ganancias externas de calor [28].....	36
Ilustración 3.12. Ganancias internas de calor [28].....	36
Ilustración 3.13. Definición de ocupación, equipos e infiltración en espacio P01_E01 (Calener GT).....	39
Ilustración 3.14. Definición de horario día laboral (Calenet GT)	40

Ilustración 3.15. Definición de horario sábado (Calener GT)	41
Ilustración 3.16. Definición de horario domingo y periodo vacacional (Calener GT)	41
Ilustración 3.17. Definición de horario semanal (Calener GT)	42
Ilustración 3.18. Definición de horario anual (Calener GT)	42
Ilustración 3.19. Definición de horario diario para climatización (Calener GT)	43
Ilustración 3.20. Definición del horario diario de iluminación para garajes (Calener GT)	44
Ilustración 3.21. Definición del horario diario de iluminación para espacios acondicionados (Calener GT)	44
Ilustración 3.22.. Definición del horario diario de iluminación para espacios no acondicionados (Calener GT)	45
Ilustración 3.23. Definición del horario diario de ventilación en garajes (Calener GT) .	45
Ilustración 3.24. Definición del horario diario de ACS (Calener GT)	46
Ilustración 3.25. Definición de horario diario para temperatura de consigna de 20°C (Calener GT)	47
Ilustración 3.26. Climatización mediante fan-coils a 4 tubos [32]	48
Ilustración 3.27. Esquema de principio de la instalación de climatización (elaboración propia)	48
Ilustración 3.28. Definición de la bomba del circuito de agua fría B-AF (Calener GT) .	51
Ilustración 3.29. Definición de la caldera eléctrica (Calener GT)	52
Ilustración 3.30. Definición de la planta enfriadora (Calener GT)	53
Ilustración 3.31. Especificaciones básicas zona Z_P02_E01 (Calener GT)	55
Ilustración 3.32. Caudales zona Z_P02_E01 (Calener GT)	55
Ilustración 3.33. Unidades terminales zona Z_P02_E01 (Calener GT)	56
Ilustración 3.34. Conexiones de la instalación de climatización (Calener GT)	57
Ilustración 3.35. Esquema del principio de la instalación simulada (Calener GT)	57
Ilustración 3.36. Especificaciones básicas extractor CJS-20171-6T-3 (Calener GT) ...	59
Ilustración 3.37. Introducción propiedades por defecto extractor CJS-2071-6T-3 (Calener GT)	59
Ilustración 3.38. Parámetros del circuito de ACS (Calener GT)	61
Ilustración 3.39. Control del circuito de ACS (Calener GT)	61
Ilustración 3.40. Definición del termo Saunier Duval 150 SDN (Calener GT)	62
Ilustración 3.41. Definición instalación solar térmica (Calener GT)	63
Ilustración 3.42. Definición de las características de iluminación en el espacio P01_E01 (Calener GT)	66
Ilustración 4.1. Emisiones del edificio referencia frente al edificio objeto [28]	69
Ilustración 5.1. Esquema de composición de capas de una fachada tras agregar aislante térmico [41]	79
Ilustración 5.2. Esquema de instalación VRF [42]	83

Ilustración 5.3. Unidad exterior proporcionando al mismo tiempo frío y calor mediante la unidad BC [43]	83
Ilustración 5.4. Especificaciones básicas PURY-P200YGM-A (Calener GT)	84
Ilustración 5.5. Introducción EER (Calener GT)	85
Ilustración 5.6. Introducción COP (Calener GT)	86
Ilustración 5.7. Caldera de biomasa Herz Firematic [45]	89
Ilustración 5.8. Aspecto pellet con Certificación A1 [46]	90
Ilustración 5.9. Definición de caldera de biomasa (Calener GT)	90
Ilustración 5.10. Tubo LED T8 Threeline [47]	93
Ilustración 5.11. Bombilla LED E27 Threeline [47]	93
Ilustración 5.12. Panel LED Philips [48]	94
Ilustración 5.13. Downlight LED Secom [49]	94
Ilustración 6.1. Representación inversión/ahorro de las mejoras rentables en un horizonte temporal de 10 años	106
Ilustración 7.1. Planta P01 (HULC)	108
Ilustración 7.2. Planta P02 (HULC)	109
Ilustración 7.3. Planta P03 (HULC)	111
Ilustración 7.4. Planta P04 (HULC)	112
Ilustración 7.5. Planta P05 (HULC)	114

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La actividad humana y el cambio climático

El impacto que tiene la actividad humana en las emisiones de gases de efecto invernadero [1] (GEI) (referido a CO₂ equivalente, que incluye CO₂, metano, óxido nítrico, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, hexafluoruro de azufre, y trifluoruro de nitrógeno), aumentando su concentración atmosférica y provocando el calentamiento en el sistema climático, es claro y la temperatura alcanza los valores más altos de la historia tal como recoge la Ilustración 1.1 [2].

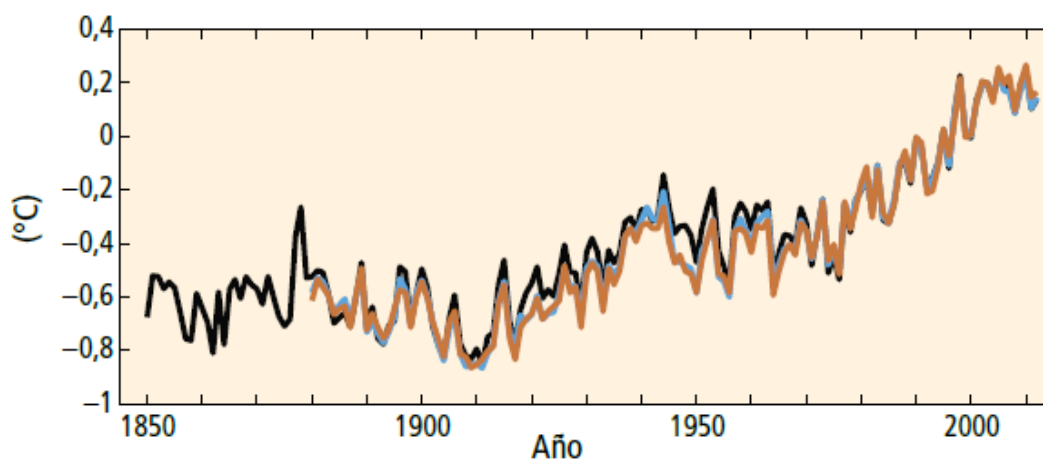


Ilustración 1.1 Anomalías del promedio anual y global de temperaturas en superficie (negro), terrestres (marrón) y oceánicas (azul), combinadas respecto del promedio de 1986 a 2005. Fuente IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Informe de síntesis [2]

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) [2] alerta que el cambio climático tendrá impactos muy graves e irreversibles en todo el planeta si no se adoptan acciones globales urgentes.

El calentamiento de la atmósfera y de los océanos se ha acompañado de una disminución de los volúmenes de nieve y de una elevación del nivel del mar. Estos cambios, observados desde los años 50 no tienen precedentes en los últimos milenios y están causando efectos nocivos en los sistemas naturales y humanos del planeta.

El riesgo creciente de extinción de las especies vegetales, que no pueden adaptar su redistribución geográfica a la velocidad de los cambios, la reducción de la biodiversidad marina en las zonas sensibles que afectará a la actividad pesquera, la repercusión para la salud humana debido al aumento de temperatura y humedad, las precipitaciones extremas o las inundaciones continentales son solo algunos ejemplos de los efectos del clima cambiante que se irán agravando, pudiendo llegar a ser irreversibles y convertirse en abruptos [2]. La Ilustración 1.2 recrea los motores climáticos de los impactos perjudiciales para los ecosistemas y los sistemas humanos.



Ilustración 1.2 Fuente IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Informe de síntesis [2]

1.2. La importancia del sector energético en las emisiones

En los últimos 25 años, las emisiones globales de CO₂ aumentaron en más de 50% (Ilustración 1.3), representando el sector energético aproximadamente dos tercios de todas las emisiones antropogénicas, por lo que las actuaciones estratégicas sobre este sector son esenciales para abordar el problema del cambio climático [3].

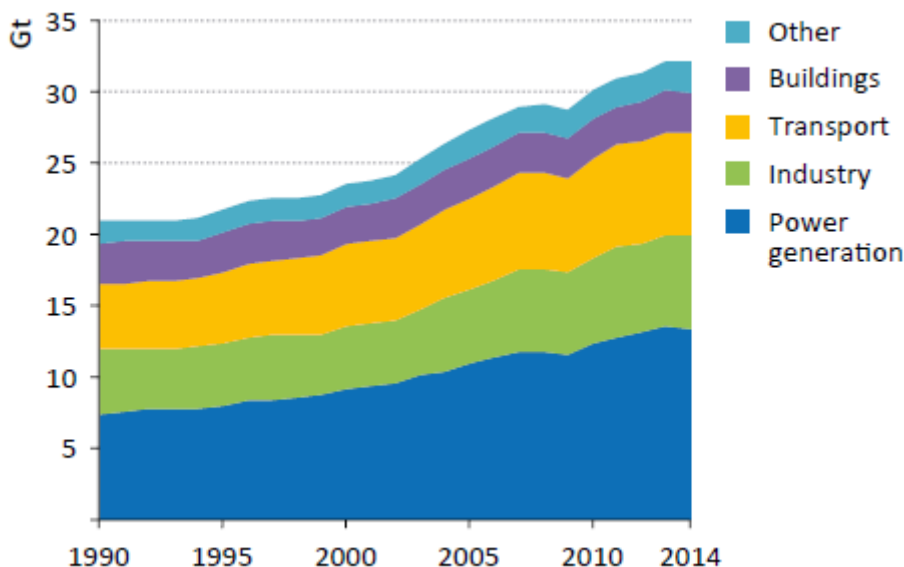


Ilustración 1.3 Emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía por sector y región. “Otro” incluye agricultura, y uso no energético (excepto materia prima petroquímica). Fuente International Energy Agency (IEA) 2015 [3].

Este panorama hace que los esfuerzos para combatir el cambio climático mundial se encuentren en un momento crítico, pese a lo cual los combustibles fósiles siguen siendo la base del modelo energético mundial (petróleo, carbón y gas) (Ilustración 1.4).

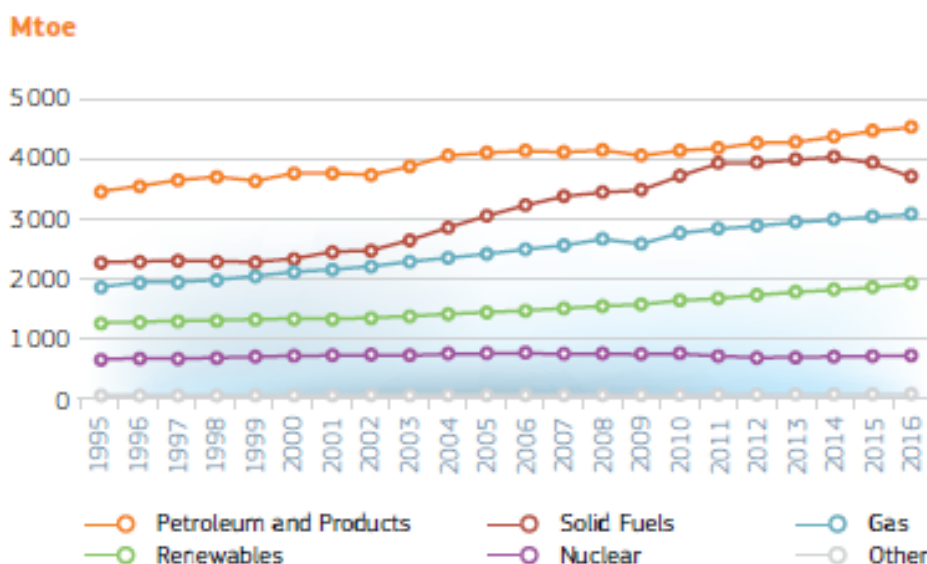


Ilustración 1.4 Producción Mundial de Energía. Fuente International Energy Agency (IEA), Agosto 2018 [4].

En el marco de la Unión Europea [5], las evidencias del cambio climático condicionado por la actividad humana han llevado a instaurar políticas firmes basadas en un bajo consumo energético que debe ser estable, seguro, competitivo, producido localmente y sostenible.

La Agencia Europea del Medio Ambiente recoge en su informe “La energía en Europa: situación actual” [6], que los países europeos consumen menos energía que hace 10 años, principalmente gracias al aumento de la eficiencia energética, y a una progresiva utilización de las energías renovables desde el año 2005. Aun así, en 2015 Europa fue responsable del 10,4 % de las emisiones de CO₂ a nivel global (Ilustración 1.5).

TOTAL 2015: 33 481 Mio ton CO₂

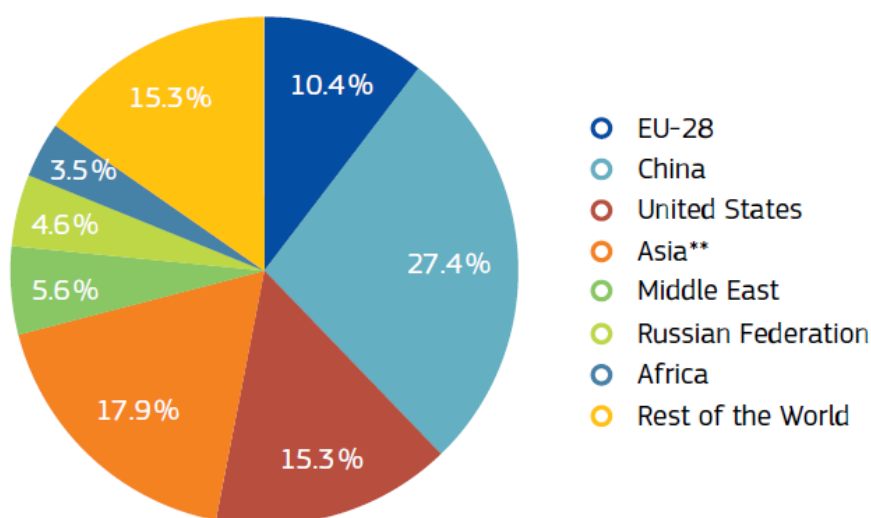


Ilustración 1.5 Emisiones mundiales de CO₂ en millones de toneladas por región. Fuente International Energy Agency (IEA) junio 2018 [4].

Todos los países han ido adoptando diversos acuerdos sobre medio ambiente, siendo el de Kioto [7] de 1997 uno de los más relevantes. Posteriormente, el acuerdo de París de 2015 [8] supuso un hito en la adopción de medidas para reducir los gases con efecto invernadero (GEI) [9].

Avanzando en esta estrategia de reducción de emisiones, se han aprobado objetivos climáticos y de energía en el seno de la Unión Europea, diseñando una hoja de ruta que permita alcanzar una economía hipocarbónica.

El primer paquete de medidas de clima y energía promovido por los líderes de la UE en 2009 es el denominado 2020 [10], [11] que implica tres compromisos:

- Reducción del 20 % en las emisiones contaminantes
- 20% de la energía de la UE a partir de fuentes renovables.
- Mejora del 20% en eficiencia energética.

En esta misma hoja de ruta se adoptó en 2014 en marco climático y energético de 2030 que establece tres objetivos clave para el año 2030 [12]:

- Al menos un 40% de reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero (desde los niveles de 1990)
- Al menos el 27% de participación en energías renovables.
- Al menos 27% de mejora en eficiencia energética.

En noviembre de 2018, el Parlamento Europeo [13] aprobó elevar la cuota de uso de energías renovables en la UE hasta el 32% del total en 2030 y un objetivo de eficiencia energética para ese año del 32.5%, presentando también una visión a largo plazo para una energía climáticamente neutral en 2050.

1.3.El impacto energético de los edificios pertenecientes al sector servicios

En este escenario de descarbonización de la economía, los edificios pertenecientes al sector servicios, que en España suponen unos 2 millones de inmuebles en 2018, cobran especial relevancia al caracterizarse su elevado consumo energético, debido a que una gran parte de los mismos se diseñaron antes de 1990 (Ilustración 1.6), cuando no existían normas energéticas de edificación [14].

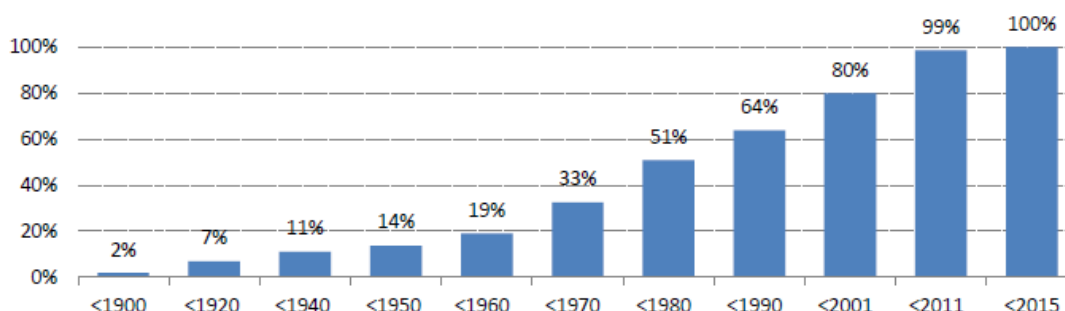


Ilustración 1.6 Porcentaje de edificios residenciales y de servicios por nivel de antigüedad. Fuente: Comisión de Expertos sobre Escenarios de Transición Energética [14].

El sector servicios incluye actividades de comercio, oficinas, hostelería, sanidad y educación, que en su conjunto suponen el 67% del PIB y el 13% de la demanda de energía final [15], siendo muy relevantes las ramas de oficinas y comercio ya que suponen el 65,3 % de la demanda energética, tal como se aprecia en la Ilustración 1.7.

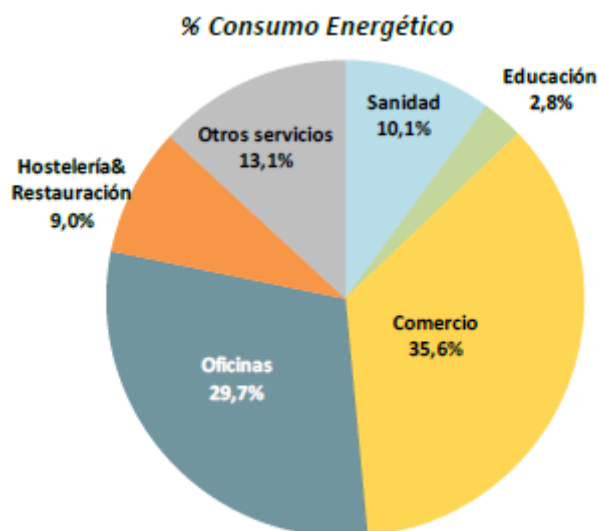


Ilustración 1.7 Consumo del Sector Servicios en España, 2016. Fuente: INE/MITECO/IDEA [15]

Respecto a las fuentes energéticas del consumo en este sector destaca la electricidad, con cerca del 60% del consumo, que responde fundamentalmente a las demandas de iluminación, climatización y TIC como se muestra en la Ilustración 1.8.

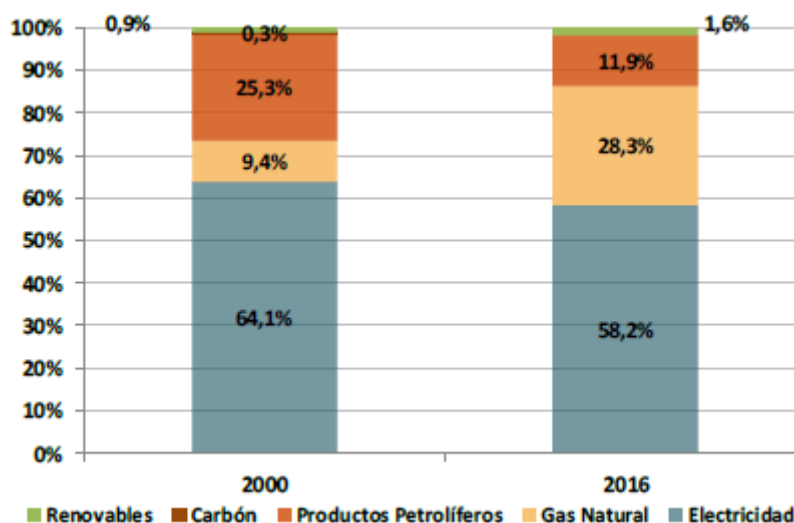


Ilustración 1.8 Consumo Energético del Sector Servicios según Fuentes Energéticas en España, 2000-2016. Fuente: MITECO/IDAE [15]

Las orientaciones estratégicas anunciadas por la Unión Europea en noviembre de 2016 que aparecen bajo la denominación “Energía limpia para todos los europeos” [16], establecen la necesidad de acelerar la rehabilitación energética profunda de los edificios, con el objetivo de descarbonización de su parque inmobiliario en 2050.

1.4. La certificación energética de los edificios

La certificación energética de edificios de nueva construcción está en vigor en España desde el año 2007 (Real Decreto 47/2007, de 19 de enero). Posteriormente, el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios hace obligatorio certificar aquellos edificios y viviendas que se vayan a vender o alquilar.

Existe una calificación del edificio en base a consumos energéticos y en base a emisiones con escala de A (más eficientes) a G (menos eficientes) según recoge la Ilustración 1.9.

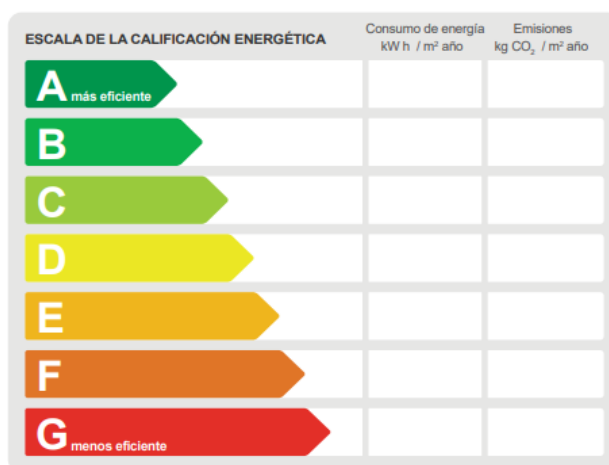


Ilustración 1.9 Modelo de Etiqueta de Proyecto. Directiva 2010/31 UE. Fuente Ministerio para la Transición Ecológica [17].



Existen varios programas de certificación según tipología de edificio, con cierta dispersión dado su número, por lo que se recomienda la utilización de aquellos que estén homologados, en concreto LIDER-CALENER herramienta unificada, CE3X / CE3 y CERMA [14].

1.5. La rehabilitación energética de los edificios en España

En cumplimiento de la Directiva 201/27/UE [18] sobre Eficiencia Energética, el Gobierno de España aprobó en 2014 la “Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España (ERESEE 2014) [19]” que ha sido actualizada de acuerdo al artículo 4 de la Directiva en 2017 (ERESEE 2017) [20], y supone un impulso de la rehabilitación energética de los edificios.

La Unión Europea establece a final de 2016 un conjunto de directrices denominada “Energía limpia para todos los europeos” [21], [14] que incluye iniciativas para acelerar la innovación en energía limpia y renovar los edificios de Europa con objeto de disponer de un parque de edificios descarbonizado en el horizonte 2050.

Las directrices contemplan entre otras medidas la gestión inteligente de edificios, la instalación de sistemas de control y automatización que facilitarán las labores de inspección, o la obligatoriedad de instalar sistemas de carga de vehículos eléctricos en determinados edificios en 2025.

Sin embargo, la realidad es que las inversiones en energía sostenible suelen ser desatendidas debido a la escasez de recursos económicos, la falta de información, la falta de trabajadores cualificados o por dudas sobre su efectividad. Para incentivar la renovación de edificios, la UE establece la “financiación inteligente para edificios inteligentes” mediante Fondo Europeo para Inversiones Estratégicas (FEIE) 2.03 favoreciendo la financiación privada a favor de la eficiencia energética y las energías renovables [14].

De cara a los próximos años, los edificios que se sometan a rehabilitaciones importantes deberán ser de consumo de energía casi nulo (EECN) y proceder en una proporción muy significativa de fuentes de energía renovable, fundamentalmente renovables térmicas (biomasa, geotermia y solar térmica) para satisfacer las necesidades de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS).

En esta estrategia cobrará especial relevancia la electrificación de la climatización, y en concreto el papel que las bombas de calor pueden tener como tecnología para la descarbonización energética de los edificios.

De igual forma, estudios de simulación de escenarios para 2030 sobre un caso base suponen que debido a su alto coste será menor el número de mejoras de aislamiento (envolventes, ventanas, etc.) en edificios [14].

El Trabajo de Fin de Grado aborda con un ejemplo práctico el análisis del comportamiento energético de un edificio de servicios, proponiendo seguidamente mejoras en el rendimiento de sus instalaciones, teniendo en cuenta el cumplimiento de las directivas europeas que resultan de aplicación.



1.6. Normativa y legislación de referencia

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Oficinas. Comité Español de Iluminación.

Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios.

Directiva (UE) 2018/844, que modifica las Directivas 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, y la 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética.

Nota Informativa del Ministerio de Industria, Energía y Turismo sobre el procedimiento transitorio de Certificación de eficiencia energética. 14 de diciembre de 2015.



2. OBJETO Y ALCANCE

Este Trabajo de Fin de Grado pretende realizar un análisis energético de un edificio perteneciente al sector servicios dentro del área de oficinas, ubicado en la ciudad de Santander (Comunidad Autónoma de Cantabria), utilizando la herramienta de calificación energética de grandes edificios terciarios Calener GT, dado que permite la definición detallada de sus características y funcionamiento.

Partiendo de los resultados de dicho análisis, se realizan una serie de propuestas de mejora del comportamiento energético del edificio con el fin de contribuir a su descarbonización que, al mismo tiempo, tienen una repercusión económica favorable sobre los costes derivados de los consumos energéticos, lo cual pretende contribuir a incentivar su renovación.

El análisis incluye:

- Envolvente térmica, cerramientos y particiones interiores
- Instalaciones de climatización: transporte de aire (ventiladores), transporte de agua (bombas y auxiliares), calefacción (energía térmica) y refrigeración (energía frigorífica)
- Iluminación
- Agua caliente sanitaria (ACS)

Con el fin de definir el edificio objeto del estudio de una manera que se ajuste lo máximo posible a un caso real, se han empleado numerosos datos extraídos de los planos geométricos y de instalaciones del proyecto de ejecución de la edificación.

Para cada parámetro se ha tenido en cuenta una estimación de su tiempo de uso de acuerdo con el horario laboral propio de un edificio de oficinas.

Limitaciones al alcance:

Los parámetros de los que no se disponía de información directa, se han estimado o calculado teniendo en cuenta los reglamentos y normas que resultan de aplicación. Otros datos se han obtenido a partir de proyectos similares o bien se han supuesto como situación de partida para analizar diferentes escenarios posibles.

3. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS ENERGÉTICO

3.1. Metodología empleada

3.1.1. Sobre las herramientas

Para realizar el estudio energético se han empleado las siguientes herramientas:

AutoCAD, para la definición de los espacios que componen el edificio.

La pasarela **ETRES-Lider**, desarrollada por la Escuela de Energía en Edificación de ETRES Consultores, para la exportación de las plantas y espacios creados en AutoCAD

Herramienta Unificada **LIDER-CALENER (HULC)** en su versión 1.0.1564.1124, de fecha 3 de marzo de 2017, para la definición geométrica y constructiva del edificio objeto del estudio y posterior exportación del proyecto a Calener GT.

Calener GT en su última versión 3.41, disponible a partir de la instalación de HULC, y que ha sido empleado para la definición detallada de todos los parámetros del edificio y posterior análisis de los resultados referentes a consumos de energía y emisiones de CO₂. Es una herramienta destinada a la calificación energética de edificios terciarios que permite representar el funcionamiento de una gran variedad de instalaciones, utilizando como motor de cálculo DOE2.2, con gran reputación y fiabilidad.

3.1.2. Edificio objeto del estudio

➤ Localización y ámbito

Para realizar el estudio se ha partido de los datos geométricos y de instalaciones que aparecen en los planos extraídos del proyecto de ejecución de un edificio con actividad tipo administrativa situado en la localidad de Santander (Cantabria). Este edificio de partida se ha empleado con el fin de tener la mayor cantidad de datos reales y poder, a partir de estos, estimar y calcular los que sean necesarios.

La edificación se sitúa en la parcela número 24 del Parque Científico y Tecnológico de Cantabria y cuenta con una extensión aproximada de 2.000 m² y está orientado con un ángulo aproximado de 335° respecto al norte, en sentido horario.



Ilustración 3.1. Vuelo PNOA 2017 (IGN España)

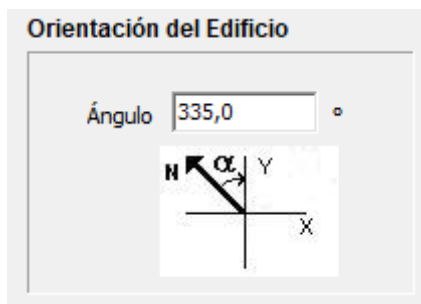


Ilustración 3.2. Orientación del Edificio (HULC)

La entrada principal del edificio está ubicada en la calle Isabel Torres 1, CP: 39011, Santander con coordenadas 43°27'16.9"N 3°52'05.7"W.

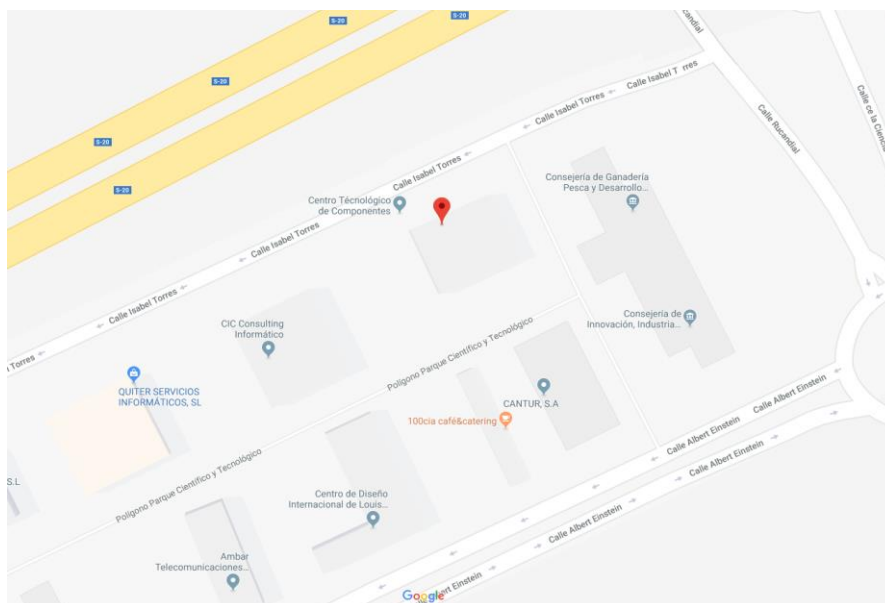


Ilustración 3.3. Mapa ubicación Google Maps



Ilustración 3.4. Apariencia edificio real construido. Fachada norte (Sodercan-Archivo)

➤ Cuadros de superficies y alturas de planta

En el apartado de Anexos de este documento se presenta el desglose de las superficies y alturas de entre frentes de forjado, correspondientes a cada uno de los espacios que componen el edificio, clasificados por plantas, y las correspondientes equivalencias introducidas en Calener.

Estas superficies se han obtenido directamente de los planos de geometría del proyecto, y son las que se han utilizado, de forma simplificada, para definir el edificio en HULC y posterior exportación a Calener GT, ya que en estos programas la distribución de los espacios permite atribuir unas condiciones de forma individual en lo referente a climatización, iluminación, ganancias térmicas, infiltraciones...

En determinados casos es necesario dividir los espacios, aunque en el supuesto real no exista tal división, para evitar que se dupliquen las superficies. Esto ocurre cuando uno o varios espacios se quedan aislados en el interior de otro y, para solucionarlo, se debe crear un espacio ficticio que los separe.

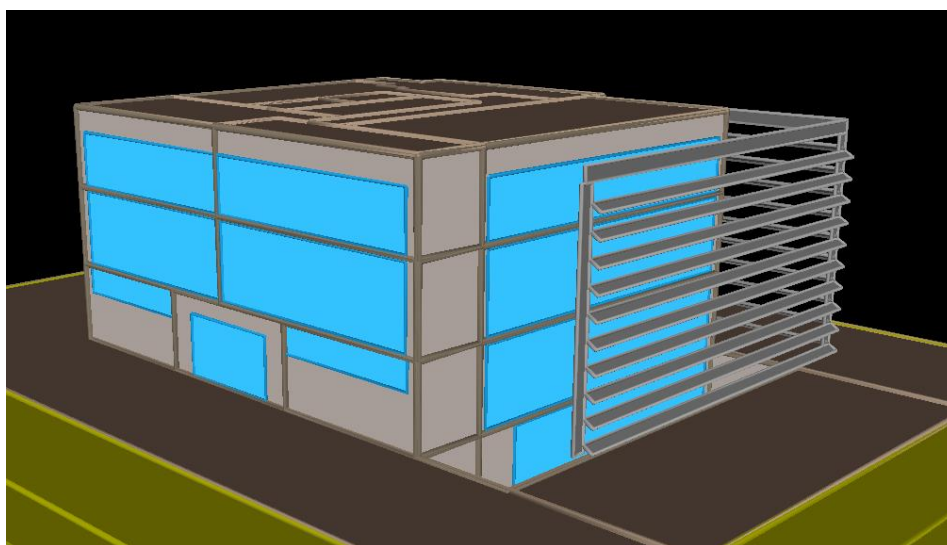


Ilustración 3.5. Apariencia simulación edificio. Fachada norte (Calener GT)

3.1.3. Sistema envolvente, cerramientos y particiones interiores

Se procede a realizar una descripción general de los parámetros que determinan las previsiones técnicas a considerar en el proyecto respecto a los diferentes sistemas y soluciones constructivas que definen sus envolventes tomados a partir de otro proyecto para otro edificio con características similares al del objeto de estudio.

Conforme al Documento Básico HE Ahorro de Energía (documento con modificaciones de la orden FOM/588/2017, de 15 de junio de 2017) se establece la definición de **envolvente térmica del edificio**, en el apartado 5.2.1, como aquella compuesta por todos los cerramientos que delimitan los espacios habitables con el aire exterior, el terreno u otro edificio, y por todas las particiones interiores que delimitan los espacios habitables con espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior.



➤ Datos previos

- Zonificación climática

El edificio objeto del estudio se encuentra situado en Santander, a una cota aproximada de 41m respecto al nivel medio del mar.

Atendiendo a la tabla B.1 del DBHE, Apéndice B, Santander corresponde a la zona climática C1.

Tabla 3.1 Zonas climáticas de la Península Ibérica [22]

Zonas climáticas Península Ibérica																		
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1
Albacete	D3	677										h < 450			h < 950			h ≥ 950
Alicante/Alacant	B4	7					h < 250					h < 700			h ≥ 700			
Almería	A4	0	h < 100				h < 250	h < 400				h < 800			h ≥ 800			
Ávila	E1	1054														h < 550	h < 850	h ≥ 850
Badajoz	C4	168									h < 400	h < 450			h ≥ 450			
Barcelona	C2	1											h < 250			h < 450	h < 750	h ≥ 750
Bilbao/Bilbo	C1	214												h < 250				
Burgos	E1	861															h < 600	h ≥ 600
Cáceres	C4	385									h < 600				h < 1050			h ≥ 1050
Cádiz	A3	0		h < 150				h < 450				h < 600	h < 850			h ≥ 850		
Castellón/Castelló	B3	18						h < 50				h < 500			h < 600	h < 1000		h ≥ 1000
Ceuta	B3	0						h < 50										
Ciudad Real	D3	630									h < 450	h < 500			h ≥ 500			
Córdoba	B4	113					h < 150				h < 550				h ≥ 550			
Coruña, La/ A Coruña	C1	0												h < 200			h ≥ 200	
Cuenca	D2	975													h < 800	h < 1050		h ≥ 1050
Gerona/Girona	D2	143											h < 100			h < 600		h ≥ 600
Granada	C3	754	h < 50				h < 350				h < 600	h < 800			h < 1300			h ≥ 1300
Guadalajara	D3	708													h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Huelva	A4	50	h < 50				h < 150	h < 350				h < 800			h ≥ 800			
Huesca	D2	432										h < 200			h < 400	h < 700		h ≥ 700
Jaén	C4	436					h < 350				h < 750				h < 1250			h ≥ 1250
León	E1	346																h ≥ 1250
Lérida/Lleida	D3	131										h < 100			h < 600			h ≥ 600
Logroño	D2	379											h < 200			h < 700		h ≥ 700
Lugo	D1	412															h < 500	h ≥ 500
Madrid	D3	589										h < 500			h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Málaga	A3	0						h < 300				h < 700			h ≥ 700			
Melilla	A3	130																
Murcia	B3	25						h < 100				h < 550			h < 550			
Orense/Ourense	D2	327										h < 150	h < 300			h < 800		h ≥ 800
Oviedo	D1	214												h < 50			h < 550	h ≥ 550
Palencia	D1	722														h < 800		h ≥ 800
Palma de Mallorca	B3	1						h < 250				h ≥ 250						
Pamplona/Iruña	D1	456											h < 100			h < 300	h < 600	h ≥ 600
Pontevedra	C1	77												h < 350			h ≥ 350	
Salamanca	D2	770														h < 800		h ≥ 800
San Sebastián/Donostia	D1	5															h < 400	h ≥ 400
Santander	C1	1												h < 150			h < 650	h ≥ 650
Segovia	D2	1013														h < 1000		h ≥ 1000
Sevilla	B4	9					h < 200				h ≥ 200							
Soria	E1	984														h < 750	h < 800	h ≥ 800
Tarragona	B3	1						h < 50				h < 500			h ≥ 500			
Teruel	D2	995										h < 450	h < 500			h < 1000		h ≥ 1000
Toledo	C4	445									h < 500				h ≥ 500			
Valencia/València	B3	8					h < 50					h < 500			h < 950			h ≥ 950
Valladolid	D2	704													h < 800			h ≥ 800
Vitoria/Gasteiz	D1	512															h < 500	h ≥ 500
Zamora	D2	617														h < 800		h ≥ 800
Zaragoza	D3	207										h < 200			h < 650			h ≥ 650
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1

○ Clasificación de los espacios del edificio

SOBRE RASANTE 3 plantas de actividad tipo administrativa. Compuesta por distintos espacios habitables acondicionados (oficinas, despachos, salas de reunión) y no acondicionados (cocinas, baños, aseos, pasillos y distribuidores)

BAJO RASANTE Planta Sótano -2, de actividad tipo garaje. Se trata de un gran espacio no habitable que dispone de un sistema de extractores de humos destinados a la evacuación de gases provenientes de los vehículos. El aire del exterior se introduce de forma natural mediante rejillas de ventilación.

BAJO RASANTE Planta Sótano -1, con la mayor parte de la superficie de actividad tipo garaje y la restante de tipo administrativa. El espacio destinado a garaje es de características idénticas a la planta inferior y el resto de superficie se destina a un espacio de laboratorio habitable y acondicionado con la fachada oeste en contacto con el aire exterior y otro espacio habitable y no acondicionado sin huecos hacia el exterior.

○ Cuadro resumen de la envolvente térmica del edificio – Transmitancia térmica de componentes

La **transmitancia térmica (U)** es el flujo de calor que atraviesa un elemento considerado por unidad de área y diferencia de temperaturas entre las caras paralelas de dicho elemento. En el sistema internacional las unidades en que se expresa son W/m^2K .

Las transmitancias térmicas límite, son las que utiliza Calener GT para definir el edificio de referencia y poder así determinar la limitación de la demanda de energía para hacer una comparación con el edificio objeto del estudio.

Tabla 3.2. Parámetros característicos de la envolvente en función de la zona climática (DB-HE)

D.2.9 ZONA CLIMÁTICA C1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mlim}: 0,73 W/m^2 K$

Transmitancia límite de suelos $U_{Slim}: 0,50 W/m^2 K$

Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,41 W/m^2 K$

Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Llim}: 0,37$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} W/m^2K$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
					Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5	-	-	-	0,42	-	0,46

Tabla 3.3. Resumen transmitancia térmica

			U – W/m²K	
			NORMATIVA MÁXIMO	PROYECTO
FACHADA	M1	Fachada de piedra caliza hacia el exterior	0,73	0,50
CUBIERTA	C1	Cubierta plana transitable con solado tipo filtrón	0,41	0,31
SUELOS	S1	Forjado habitual entre plantas	No aplica	0,47
	S2	Forjado entre espacios habitables del Sótano -1 y el no habitable del Sótano -2	0,73	0,66
	S3	Forjado de los espacios destinados al garaje	0,73	0,54
TABIQUE	T1	Separación vertical entre espacios	No aplica	2,44
MURO	M2	Muro de contención de tierras que separa los espacios destinados al garaje y el terreno	0,73	0,57
DIVISIONES	M3	Separa los espacios habitables del Sótano -1 y el espacio no habitable destinado al garaje	0,73	0,59

➤ Cerramientos opacos

○ Materiales

A continuación, se presenta el listado de materiales que de los que están compuestos los cerramientos caracterizados bien por los valores de conductividad térmica (λ), densidad (ρ), y calor específico (C_p) o bien por su resistencia térmica (R).

Estos materiales con sus correspondientes características térmicas son los que provee el programa de cálculo utilizado (Calener GT y HULC) con el fin de definir geométricamente el edificio objeto del estudio y tratar así de que se ajuste



sensiblemente a soluciones constructivas reales. Para conseguir este objetivo, se han definido previamente todos los materiales que emplea el programa en el Catálogo de Elementos Constructivos para ayudar al cumplimiento de las exigencias generales de Habitabilidad y Ahorro de Energía.

Los materiales proporcionados en el catálogo son los que se utilizan y comercializan habitualmente en el mercado español. Los elementos que no aparezcan en dicho catálogo pueden utilizarse en obra siempre que se justifique el cumplimiento de las exigencias establecidas por el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Tabla 3.4. Materiales empleados

MATERIAL	λ (W/mK)	ρ (kg/m³)	C_p (J/kgK)	R (m²K/W)
1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50	0,991	2.170	1.000	
Aluminio	230	2.700	880	
Caliza dura [2000 < d < 2190]	1,70	2.095	1.000	
Caliza muy dura [2200 < d < 2590]	2,3	2.395	1.000	
Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 1 cm				0,075
Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 5 cm				0,090
Cloruro de polivinilo [PVC]	0,17	1.390	900	
EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,038	30	1.000	
FR Entrevigado cerámico - Canto 300 mm	1,678	1.580	1.000	
FR Entrevigado de hormigón aligerado - Canto 300 mm	1,838	1.570	1.000	
Hormigón armado 2300 < d < 2500	2.300	2.400	1.000	
Losa Filtrón				0,89
Mortero de cemento o cal para albañilería y revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,55	1.125	1.000	
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40	1.000	
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,25	825	1.000	
PUR Proyección con CO2 celda cerrada [0.032 W/[mK]]	0,032	50	1.000	
Subcapa fieltro	0,05	120	1.300	
Tablero de partículas 180 < d < 270	0,1	225	1.700	

○ Composición de cerramientos

El procedimiento de cálculo para determinar la transmitancia térmica (U [W/m^2K]) de los cerramientos es el siguiente:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

donde,

$R_T \equiv$ Resistencia térmica total [m^2K/W]

$$R_T = R_{SI} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{SE}$$

donde,

$R_1, R_2, R_n \equiv$ Resistencias térmicas de cada capa del cerramiento [m^2K/W]

$R_{SI}, R_{SE} \equiv$ Resistencias térmicas superficiales correspondientes al interior y exterior del cerramiento, tabuladas en el DA-DB-HE/1 para el cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

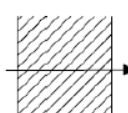
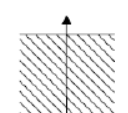
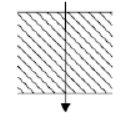
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

Ilustración 3.6. Resistencias térmicas superficiales [23]

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

donde,

$e \equiv$ espesor de la capa del cerramiento [m]

$\lambda \equiv$ conductividad térmica del material [W/mK]

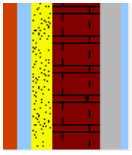
El orden de definición de las capas que componen los cerramientos en Calener GT es:

- Exteriores: el primer elemento es aquel que da al exterior o al terreno y el último el que está en contacto con el espacio
- Interiores: el primer elemento es aquel que está en contacto con el espacio contiguo y el último aquel que está en contacto con el propio espacio al que pertenece el cerramiento

Al exportar el proyecto desde HULC, es necesario añadir una capa de material en aquellos cerramientos que están en contacto con el terreno para simular las condiciones del mismo. En este caso, en el Suelo S3 y el Muro M2, de 10cm. Las características de dicho material son: Conductividad = 2,1 W/mK ; Densidad = 1800 kg/m^3 ; Calor específico = 920 J/kgK ; Denominación: Suelo coherente con humedad.

Fachada M1

Tabla 3.5. Composición fachada M1

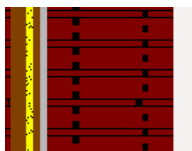
Nº	Listado de capas	Espesor (m)	Res. Térmica (m²K/W)
1	Caliza dura [2000 < d < 2190]	0,040	
2	Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 1 cm		0,075
3	Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 5 cm		0,09
4	PUR Proyección con CO2 celda cerrada [0.032 W/[mK]]	0,040	
5	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50	0,115	
6	Mortero de cemento o cal para albañilería y revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,050	
7	Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 5 cm		0,09
8	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020	
 <p>U = 0,50 W/m²K</p>			

Las transmitancias de todos los cerramientos se determinan de la misma manera, por lo que, a modo de ejemplo, se indica el cálculo de una de ellas de interior a exterior:

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{e}{\lambda}; R_T = R_{SI} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{SE} = \\
 &= 0,13 + \frac{0,020}{0,25} + 0,09 + \frac{0,05}{0,55} + \frac{0,115}{0,991} + \frac{0,04}{0,032} + 0,09 + 0,075 + \frac{0,040}{1,70} + 0,04 = \\
 &= 1,99 \frac{m^2 K}{W} \\
 U &= \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1,99} = 0,50 \frac{W}{m^2 K}
 \end{aligned}$$

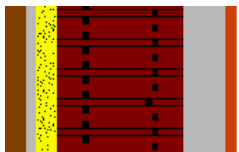
Cubierta C1

Tabla 3.6. Composición cubierta C1

Nº	Listado de capas	Espesor (m)	Res. Térmica (m²K/W)
1	Losa Filtrón		0,89
2	Cloruro de polivinilo [PVC]	0,001	
3	Subcapa fieltro	0,040	
4	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,020	
5	Subcapa fieltro	0,020	
6	Mortero de cemento o cal para albañilería y revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,020	
7	FR Entrevigado de hormigón aligerado - Canto 300 mm	0,300	
8	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,060	
 <p>U = 0,31 W/m²K</p>			

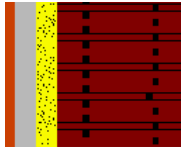
Suelo S1

Tabla 3.7. Composición suelo S1

Nº	Listado de capas	Espesor (m)	Res. Térmica (m²K/W)
1	Tablero de partículas 180 < d < 270	0,050	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,025	
3	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040	
4	FR Entrevigado de hormigón aligerado - Canto 300 mm	0,300	
5	Mortero de cemento o cal para albañilería y revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,100	
6	Caliza dura [2000 < d < 2190]	0,030	
 <p>U = 0,47 W/m²K</p>			

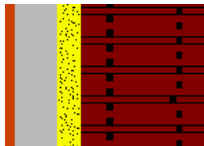
Suelo S2

Tabla 3.8. Composición suelo S2

Nº	Listado de capas	Espesor (m)	Res. Térmica (m²K/W)
1	Caliza muy dura [2200 < d < 2590]	0,030	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,050	
3	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040	
4	FR Entrevigado cerámico - Canto 300 mm	0,300	
 U = 0,66 W/m²K			

Suelo S3


Tabla 3.9. Composición suelo S3

Nº	Listado de capas	Espesor (m)	Res. Térmica (m²K/W)
1	Caliza muy dura [2200 < d < 2590]	0,030	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,100	
3	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,050	
4	FR Entrevigado cerámico - Canto 300 mm	0,300	
 U = 0,54 W/m²K			



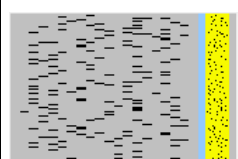
Tabique T1

Tabla 3.10. Composición tabique T1

Nº	Listado de capas	Espesor (m)	Res. Térmica (m²K/W)
1	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	
2	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	
3	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	
4	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	
 U = 2,44 W/m²K			

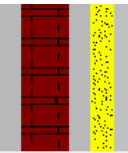
Muro M2

Tabla 3.11. Composición muro M2

Nº	Listado de capas	Espesor (m)	Res. Térmica (m²K/W)
1	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,450	
2	Cámara de aire ligeramnete ventilada vertical 5 cm		0,09
3	MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,050	
4	Aluminio	0,020	
5	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020	
 U = 0,57 W/m²K			

División M3

Tabla 3.12. Composición división M3

Nº	Listado de capas	Espesor (m)	Res. Térmica (m²K/W)
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,050	
2	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50	0,115	
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,050	
4	MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,050	
5	Aluminio	0,020	
6	Aluminio	0,020	
 U =0,59 W/m²K			

➤ Cerramientos semitransparentes

La solución general de fachada se realiza mediante un muro de cortina de vidrio otorgando buenas prestaciones térmicas y acústicas e incorporando cámara de aire. El vidrio que se ha simulado es uno con buenas prestaciones térmicas (1,9 W/m²K) pero con un factor solar conservador, ligeramente elevado (0,7), ya que permite atravesar a los espacios un 70% de la radiación solar que incide sobre los vidrios. Al interior, vidrios laminados de seguridad (debido a que estos se disponen de suelo a techo) tipo Stadip Protect 5+5mm, con cámara de aire intermedia. La estructura está formada por perfiles verticales de aluminio con rotura de puente térmico > 12mm con espesor del aislante incluido en la estructura, al tratarse de un metal buen conductor térmico.

En la fachada sur y en la este hay dos ventanas resueltas con carpintería de aluminio oscilobatiente o batiente, según casos, con sistema de apertura del fabricante Schüco AWS. Las características del vidrio son similares a las del muro cortina, pero con menores prestaciones térmicas, al suponer una superficie mucho menor en los huecos de fachada. Asimismo, las puertas se han simulado con las mismas características que las ventanas, aunque estas incorporen vidrios templados.

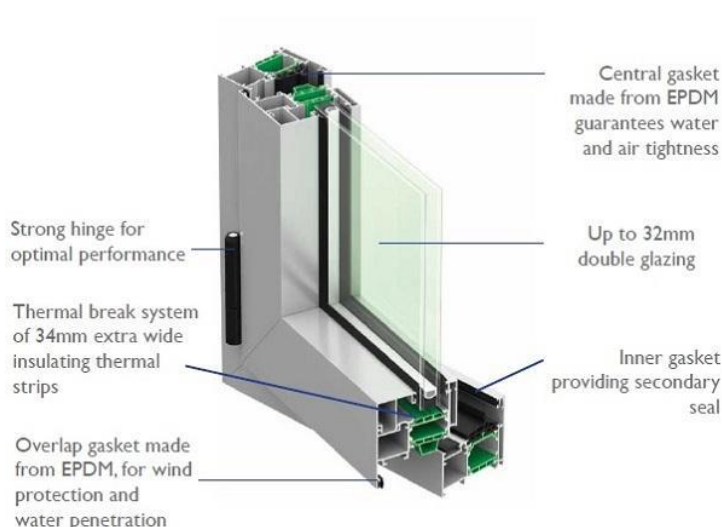


Ilustración 3.7. Estructura de marco con rotura de puente térmico para vidrio que incorpora cámara de aire [24]

A continuación, se definen una serie de parámetros que se deberán introducir en las herramientas, de acuerdo con las características de los vidrios.

El **factor solar (g)** indica la cantidad de energía térmica, proveniente de la radiación solar, que es capaz de atravesar un material e introducirse en un espacio. Acorde a la norma UNE-EN 410, dicho factor depende de dos agentes: la propia radiación solar y la energía que cede el vidrio al espacio al haberse calentado [25].

La **absortividad (α)** es la fracción de radiación absorbida y está relacionado con el color de la cara exterior del marco [26].

La **permeabilidad** del aire es una propiedad de ventanas o puertas a dejar pasar el aire cuando se encuentran sometidas a una diferencia de presiones. Para estandarizar esta medida, se recurre a emplear las unidades de m^3/hm^2 a una sobrepresión de 100 Pa [22].

A continuación, se presentan los parámetros que se han introducido en HULC que, posteriormente, han sido exportados a Calener GT: Primero, se han definido por sus características particulares para que los programas de simulación sean capaces de determinar las propiedades globales de los conjuntos de marco y vidrio (huecos):

Vidrios

Tabla 3.13. Características vidrios

Nombre	Transmitancia térmica , U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	Factor solar, g (Adimensional)
Muro Cortina	1,90	0,70
VidrioTipo1	2,38	0,23



Marcos

Tabla 3.14. Características marcos de vidrios

Nombre	U (W/m²K)	α (Adimensional)
VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm	4,00	0,70

Huecos

Tabla 3.15. Características huecos de fachada

Nombre	Muro Cortina
Acristalamiento	Muro Cortina
Marco	VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm
% Hueco	10,00
Permeabilidad m³/hm² a 100 Pa	27,00
U (W/m²K)	2,11
Factor Solar	0,64

Nombre	Ventana
Acristalamiento	VidrioTipo1
Marco	VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm
% Hueco	10,00
Permeabilidad m³/hm² a 100 Pa	27,00
U (W/m²K)	2,54
Factor Solar	0,22

Nombre	Puerta
Acristalamiento	VidrioTipo1
Marco	VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm

% Hueco	10,00
Permeabilidad m ³ /hm ² a 100 Pa	60,00
U (W/m ² K)	2,54
Factor Solar	0,22

➤ Dispositivos de sombra fijos

Para simular la existencia de lamas horizontales en Calener GT, se han utilizado los elementos de sombreado de los que dispone el programa.

Se han representado 10 lamas con un ángulo β de 30° respecto a la horizontal localizadas en las fachadas sur y oeste, proporcionando un **factor de sombra** (fracción de la radiación solar no bloqueada por las lamas) de 0,44.

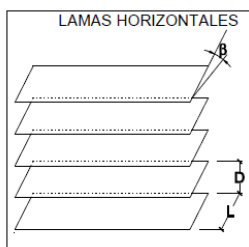
LAMAS HORIZONTALES		ORIENTACIÓN	ÁNGULO DE INCLINACIÓN (β)		
			0	30	60
	SUR		0,49	0,42	0,26
	SURESTE/ SUROESTE		0,54	0,44	0,26
	ESTE/ OESTE		0,57	0,45	0,27

Ilustración 3.8. Factor de sombra para obstáculos de fachada: lamas [23]

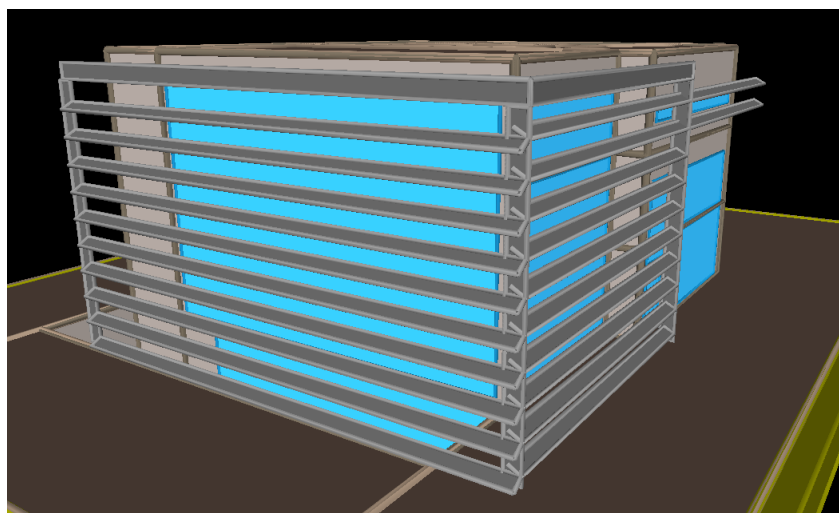


Ilustración 3.9. Representación geométrica de lamas (Calener GT)

○ Puentes térmicos

En el caso de este proyecto, no se han tenido en cuenta los efectos de los puentes térmicos debido a que el motor de cálculo que emplea Calener GT, DOE-2.2, no los considera ni permite definirlos. Inicialmente se han definido en la herramienta HULC. Es por esto por lo que se detallan más abajo.

El **punto térmico** se entiende como una zona de la envolvente térmica del edificio en la que se denota una variación de la uniformidad de la construcción como, por ejemplo, un cambio en el tipo de material que genere una intermitencia en las propiedades térmicas de los materiales que compone el cerramiento, evidenciándose una reducción de la resistencia térmica respecto al resto del elemento [22]. Esto genera un aumento de la transmitancia térmica en dichas zonas. En los programas de eficiencia energética es necesario introducir los valores de transmitancia térmica lineal (Y) y su longitud medida a lo largo de la envolvente térmica.

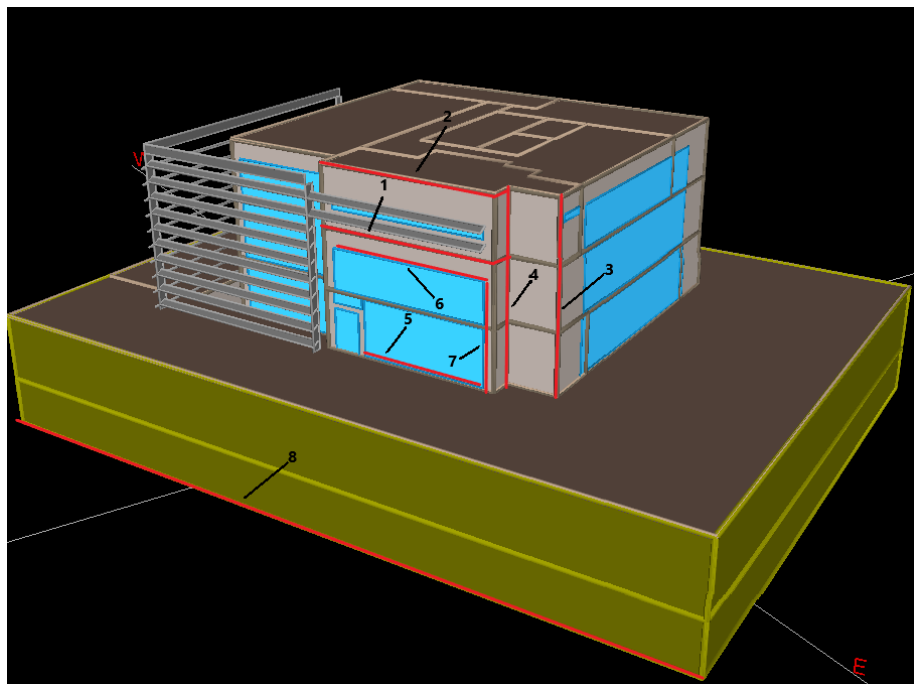


Ilustración 3.10. Localización de puentes térmicos en el edificio objeto del estudio. (Calener GT)

Frentes de forjado: 1

Cubiertas planas: 2

Esquinas exteriores: 3

Esquinas interiores: 4

Alféizar: 5, dinteles: 6 y jambas: 7

Suelos en contacto con el terreno: 8

Pilares

Tabla 3.16. Valores de puentes térmicos

Nombre	Y (W/mK)	Longitud total
Frentes de forjados	0,41	74,22
Cubiertas planas	0,44	104,30
Esquinas exteriores	0,16	81,00
Esquinas interiores	-0,13	37,40
Alféizar	0,44	104,57
Dinteles/Capitalizados	0,43	103,77
Jambas	0,43	184,60
Pilares	0,08	
Suelos en contacto con el terreno	0,13	196,00

3.1.4. Ocupación

Es necesario calcular la densidad de ocupación para estimar el consumo máximo de ACS diario y determinar la carga térmica que van a suponer las personas en el interior del edificio. Para ello, se ha recurrido a la Sección 3 de Evacuación de ocupantes perteneciente al Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (DB-SI) en función de la superficie de cada zona. Será la máxima ocupación permitida para garantizar la seguridad sin que implique que el número de personas se mantenga constante en el uso habitual del edificio. Al haber incluido los garajes en la simulación de la edificación y suponer éstos gran parte de la superficie total, se incrementa considerablemente el número de personas según lo que establece el reglamento.

Tabla 3.17. Tabla densidades de ocupación en función del uso previsto [27]

Uso previsto	Zona, tipo de actividad	Ocupación (m ² /persona)
Cualquiera	Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de mantenimiento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, etc.	Ocupación nula
	Aseos de planta	3
Residencial Vivienda	Plantas de vivienda	20
Residencial Público	Zonas de alojamiento	20
	Salones de uso múltiple	1
	Vestíbulos generales y zonas generales de uso público en plantas de sótano, baja y entreplanta	2
Aparcamiento ⁽²⁾	Vinculado a una actividad sujeta a horarios: comercial, espectáculos, oficina, etc.	15
	En otros casos	40
Administrativo	Plantas o zonas de oficinas	10
	Vestíbulos generales y zonas de uso público	2

$$N^{\circ} \text{ Ocupantes} = \sum \left(\frac{\text{Superficie [m}^2\text{]}}{\text{Ocupación} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{persona}} \right]} \right)$$



Para el primero de los espacios:

$$N^{\circ} \text{ Ocupantes } P01_E01 = \frac{2352m^2}{15 \frac{m^2}{\text{persona}}} = 157 \text{ ocupantes}$$

Tabla 3.18. Ocupación

Espacio	Superficie (m²)	Perfil de uso	Ocupación (m²/persona)	Nº ocupantes
P01_E01	2352,00	No habitable	15	157
P02_E01	212,83	Acondicionado	10	21
P02_E02	286,88	No acondicionado	2	143
P02_E03	1503,34	No habitable	15	100
P02_E04	221,34	No habitable	15	15
P03_E01	187,32	Acondicionado	10	19
P03_E02	56,84	Acondicionado	10	6
P03_E03	158,72	No acondicionado	2	79
P03_E04	147,62	Acondicionado	10	15
P03_E05	34,45	No acondicionado	2	17
P03_E06	36,66	Acondicionado	10	4
P03_E07	36,22	No acondicionado	2	18
P04_E01	238,56	Acondicionado	10	24
P04_E02	75,38	No acondicionado	2	38
P04_E03	47,96	No acondicionado	2	24
P04_E04	239,79	Acondicionado	10	24
P04_E05	56,16	No acondicionado	2	28
P05_E01	187,32	Acondicionado	10	19
P05_E02	85,17	No acondicionado	2	43
P05_E03	157,40	Acondicionado	10	16
P05_E04	48,00	No acondicionado	2	24
P05_E05	17,76	Acondicionado	10	2
P05_E06	17,79	Acondicionado	10	2
P05_E07	88,22	Acondicionado	10	9
P05_E08	56,16	No acondicionado	2	28
			Total Ocupantes	873

3.1.5. Cargas térmicas

Con el fin de mantener constante una temperatura y humedad determinadas, se emplean las instalaciones de climatización y ventilación, que ven alterado su funcionamiento por diversos factores.

Las ganancias y pérdidas en las cargas térmicas suponen un factor que hace que se modifiquen las condiciones de acondicionamiento en el interior de los edificios, pudiendo estar debidas a diferentes flujos de calor:

- Radiación solar a través de huecos
- Conducción térmica a través de cerramientos horizontales y verticales
- Infiltraciones debidas a la influencia del aire exterior
- Ganancias provenientes del propio interior del edificio, consecuencia del uso, como la ocupación, iluminación y equipos

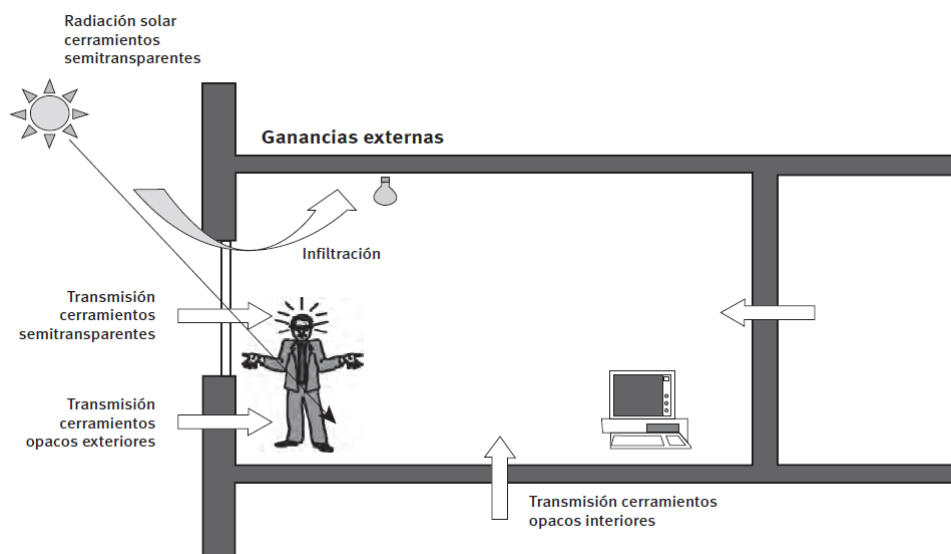


Ilustración 3.11. Ganancias externas de calor [28]

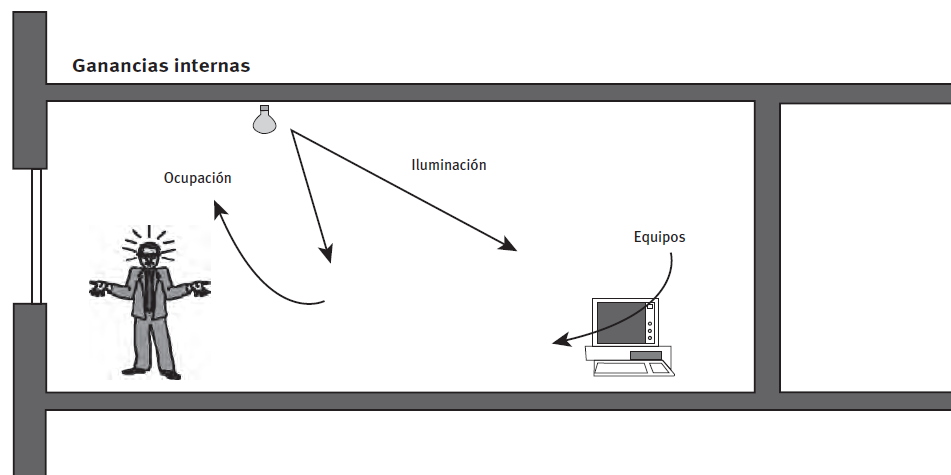


Ilustración 3.12. Ganancias internas de calor [28]

➤ Ganancias térmicas debidas a la ocupación

Para cada espacio que se ha definido, Calener GT solicita los valores de calor sensible y latente (en W/persona) debidos a la ocupación, para lo que se ha recurrido al Manual de Referencia del programa, donde se encuentran parámetros típicos que se ajustan a casos reales en función del grado de actividad de los ocupantes obteniendo.

Estas capacidades están relacionadas con los conceptos de calor sensible y latente. El primero se asocia a cambios de temperatura mientras que el segundo se asocia a efectos caloríficos de reacciones químicas, cambios de fase y otros, pero manteniendo constante la temperatura [29].

$$Q_{total} = Q_{sensible} + Q_{latente}$$

- $Q_{sensible} = 75 \text{ W/persona}$
- $Q_{latente} = 55 \text{ W/persona}$

Tabla 3.19. Valores típicos de calor sensible y latente por ocupante [30]

Grado de Actividad	Aplicación típica	OCUP-Q-SEN (W/persona)	OCUP-Q-LAT (W/persona)
Sentado en teatro	Teatro (Matinal)	65	30
Sentado en teatro	Teatro (Tarde)	70	30
Sentado, trabajo ligero	Oficinas, hoteles, apartamentos	70	45
Trabajo de oficina moderado	Oficinas, hoteles, apartamentos	75	55
De pie, trabajo ligero, andando	Grandes almacenes, venta al por menor	75	55
Caminando, de pie	Farmacia, banco	75	70
Trabajo sedentario	Restaurante	80	80
Baile moderado	Pistas de baile	90	160
Andando, trabajo ligero	Fábrica	110	185
Jugar a los bolos	Boleras	170	255
Trabajo duro	Fábrica	170	255
Trabajo, maquinaria pesada	Fábrica	185	285
Atletismo	Gimnasio	210	315

En el 2001 *ASHRAE Fundamentals Handbook (SI)* se encuentran disponibles más valores típicos de calor en función de la actividad metabólica, donde se pueden verificar los utilizados:

Tabla 3.20. Valores típicos de calor en función de la actividad [31]

Various Activities		
	W/m ²	met ^a
Resting		
Sleeping	40	0.7
Reclining	45	0.8
Seated, quiet	60	1.0
Standing, relaxed	70	1.2
Walking (on level surface)		
3.2 km/h (0.9 m/s)	115	2.0
4.3 km/h (1.2 m/s)	150	2.6
6.4 km/h (1.8 m/s)	220	3.8
Office Activities		
Reading, seated	55	1.0
Writing	60	1.0
Typing	65	1.1
Filing, seated	70	1.2
Filing, standing	80	1.4
Walking about	100	1.7
Lifting/packing	120	2.1
Driving/Flying		
Car	60 to 115	1.0 to 2.0
Aircraft, routine	70	1.2
Aircraft, instrument landing	105	1.8
Aircraft, combat	140	2.4
Heavy vehicle	185	3.2
Miscellaneous Occupational Activities		
Cooking	95 to 115	1.6 to 2.0
Housecleaning	115 to 200	2.0 to 3.4
Seated, heavy limb movement	130	2.2
Machine work		
sawing (table saw)	105	1.8
light (electrical industry)	115 to 140	2.0 to 2.4
heavy	235	4.0
Handling 50 kg bags	235	4.0
Pick and shovel work	235 to 280	4.0 to 4.8
Miscellaneous Leisure Activities		
Dancing, social	140 to 255	2.4 to 4.4
Calisthenics/exercise	175 to 235	3.0 to 4.0
Tennis, singles	210 to 270	3.6 to 4.0
Basketball	290 to 440	5.0 to 7.6
Wrestling, competitive	410 to 505	7.0 to 8.7

Source: Compiled from various sources. For additional information, see Buskirk (1960), Passmore and Durnin (1967), and Webb (1964).

^a1 met = 58.1 W/m²

➤ Ganancias térmicas debidas a los equipos

Por otra parte, se han estimado las cargas de calor debidas a las fuentes internas (equipos) atendiendo al DB-HE Apéndice C, correspondiente a los Perfiles de Uso:

Tabla 3.21. Carga térmica de equipos

Uso del espacio	Uso	Carga térmica de equipos (W/m ²)
Garaje	No habitable	4,5
Pasillos, vestíbulos, archivos, almacenes, aseos	No acondicionado	4,5
Oficinas, despachos, salas de reuniones	Acondicionado	7,5

Se ha supuesto que en los espacios donde no se realiza la actividad habitual del trabajo en oficina, las ganancias térmicas debidas a los equipos son menores.

Asimismo, se estima una fracción sensible del 100% y, por consiguiente, no existe fracción latente.

Tabla 3.22.. Ganancias internas debidas a equipos [22]

USO NO RESIDENCIAL: 12 h									
	BAJA			MEDIA			ALTA		
	1-6 15-16 21-24	7-14	17-20	1-6 15-16 21-24	7-14	17-20	1-6 15-16 21-24	7-14	17-21
Temp Consigna Alta (°C)									
Laboral y Sábado	—	25	25	—	25	25	—	25	25
Festivo	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Temp Consigna Baja (°C)									
Laboral y Sábado	—	20	20	—	20	20	—	20	20
Festivo	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ocupación sensible (W/m²)									
Laboral	0	2,00	2,00	0	6,00	6,00	0	10,00	10,00
Sábado	0	2,00	0	0	6,00	0	0	10,00	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ocupación latente (W/m²)									
Laboral	0	1,26	1,26	0	3,79	3,79	0	6,31	6,31
Sábado	0	1,26	0	0	3,79	0	0	6,31	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iluminación (%)									
Laboral	0	100	100	0	100	100	0	100	100
Sábado	0	100	0	0	100	0	0	100	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipos (W/m²)									
Laboral	0	1,50	1,50	0	4,50	4,50	0	7,50	7,50
Sábado	0	1,50	0	0	4,50	0	0	7,50	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventilación (%)									
Laboral	0	100	100	0	100	100	0	100	100
Sábado	0	100	0	0	100	0	0	100	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En estas ganancias térmicas, Calener GT no tiene en cuenta las debidas a la iluminación, sino que las calcula a parte en función de la potencia correspondiente a las luminarias.

➤ Infiltraciones

Se ha supuesto un valor de 0,5 renovaciones a la hora de aire que es infiltrado a los espacios atendiendo al Manual de Referencia de Calener GT, al estar localizada la edificación en un terreno elevado con una alta exposición a los vientos y estimarse un nivel de estanqueidad medio.

Tabla 3.23. Valores habituales de renovaciones hora de aire infiltrado en los espacios [30]

Nivel de estanqueidad del edificio			
Grado de exposición a los vientos	Bajo	Medio	Alto
Bajo	1.5	0.8	0.5
Medio	1.1	0.6	0.5
Alto	0.7	0.5	0.5

Para cada uno de los espacios se deben definir las ganancias térmicas e infiltraciones:

Espacios ? X

Seleccionar Espacio:

Descripción y geometría | Ocupación, equipos e infiltración | Iluminación artificial y natural

Ocupación

Horario:

Área/Ocupante: m²/persona

Q sensible/Ocupante: W/persona

Q latente/Ocupante: W/persona

Fuentes internas de calor (Equipos)

Horario:

Potencia/Área: W/m²

Fracción sensible: ratio

Fracción latente: ratio

Infiltraciones

Horario:

Renovaciones/hr: 1/h

Ilustración 3.13. Definición de ocupación, equipos e infiltración en espacio P01_E01 (Calener GT)

3.1.6. Horarios

El horario principal de funcionamiento del edificio se ha basado en un uso de los espacios de 8 horas diarias de lunes a viernes, 4 horas los sábados y permanece cerrado los domingos. Por otra parte, se ha impuesto el periodo vacacional durante todo el mes de agosto, permaneciendo el edificio cerrado.

➤ Periodos de apertura del edificio

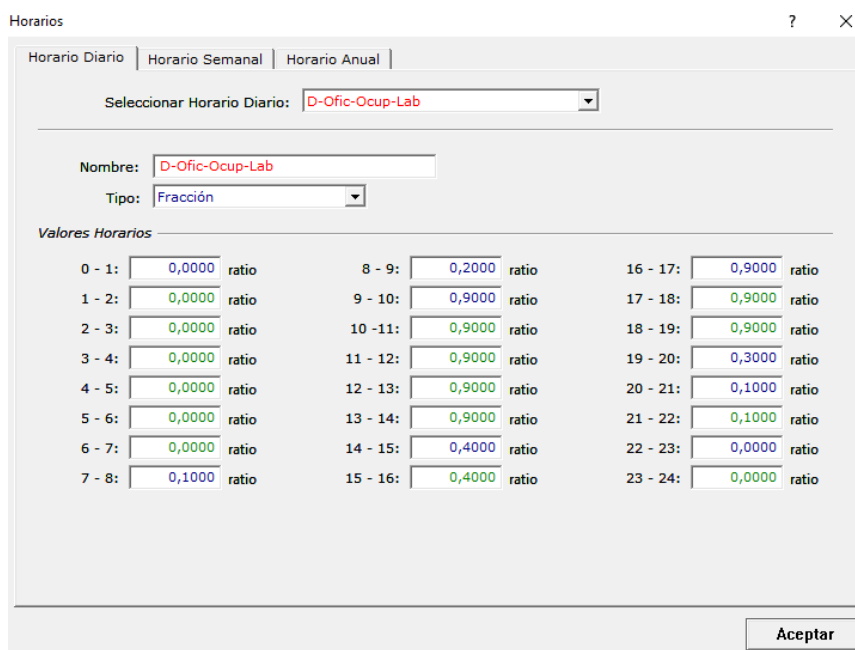
Para simular esto en Calener GT, se ha empleado un horario preestablecido de tipo “Fracción” en el que se simula la ocupación/uso en cada hora del día con un rango entre 0 y 1, siendo 0 si es nulo y 1 si es máximo. Se estima que el edificio abre a las 7 de la mañana y cierra a las 10 de la noche, por lo tanto, las fracciones en las primeras y últimas horas del día son muy pequeñas al estar el edificio prácticamente desocupado. Además, en las horas destinadas a la comida de los trabajadores, se prevé que la ocupación descienda a menos de la mitad que en las horas de trabajo.

Los horarios que aquí se definen indican a Calener GT:

- Los periodos de ocupación
 - Las horas que funcionan los equipos que generan ganancias térmicas y qué porcentaje de éstos permanecen activos en función de las horas del día
 - Cuándo hay infiltraciones en función de la ocupación (se estima que cuando los espacios están en uso, el sistema de impulsión de aire de la climatización, genera una sobrepresión que provoca que las infiltraciones se reduzcan al mínimo)
 - Las horas que permanece en funcionamiento la iluminación artificial instalada y qué porcentaje de la instalación
 - El horario en el que se prevé el uso de la instalación de agua caliente sanitaria
- Horario de ocupación diario lunes a viernes:

Mañanas: 9:00 a 14:00

Tardes: 16:00 a 19:00



Valores Horarios		
0 - 1:	0,0000	ratio
1 - 2:	0,0000	ratio
2 - 3:	0,0000	ratio
3 - 4:	0,0000	ratio
4 - 5:	0,0000	ratio
5 - 6:	0,0000	ratio
6 - 7:	0,0000	ratio
7 - 8:	0,1000	ratio
8 - 9:	0,2000	ratio
9 - 10:	0,9000	ratio
10 - 11:	0,9000	ratio
11 - 12:	0,9000	ratio
12 - 13:	0,9000	ratio
13 - 14:	0,9000	ratio
14 - 15:	0,4000	ratio
15 - 16:	0,4000	ratio
16 - 17:	0,9000	ratio
17 - 18:	0,9000	ratio
18 - 19:	0,9000	ratio
19 - 20:	0,3000	ratio
20 - 21:	0,1000	ratio
21 - 22:	0,1000	ratio
22 - 23:	0,0000	ratio
23 - 24:	0,0000	ratio

Ilustración 3.14. Definición de horario día laboral (Calener GT)

- Horario de ocupación diario sábados

Mañanas: 9:00 a 13:00

Horarios ? X

Horario Diario | Horario Semanal | Horario Anual

Seleccionar Horario Diario: **D-Ofic-Occup-Sab**

Nombre: **D-Ofic-Occup-Sab**

Tipo: **Fracción**

Valores Horarios

0 - 1:	0,0000	ratio	8 - 9:	0,1000	ratio	16 - 17:	0,1000	ratio
1 - 2:	0,0000	ratio	9 - 10:	0,3000	ratio	17 - 18:	0,1000	ratio
2 - 3:	0,0000	ratio	10 - 11:	0,3000	ratio	18 - 19:	0,0000	ratio
3 - 4:	0,0000	ratio	11 - 12:	0,3000	ratio	19 - 20:	0,0000	ratio
4 - 5:	0,0000	ratio	12 - 13:	0,3000	ratio	20 - 21:	0,0000	ratio
5 - 6:	0,0000	ratio	13 - 14:	0,1000	ratio	21 - 22:	0,0000	ratio
6 - 7:	0,0000	ratio	14 - 15:	0,1000	ratio	22 - 23:	0,0000	ratio
7 - 8:	0,1000	ratio	15 - 16:	0,1000	ratio	23 - 24:	0,0000	ratio

Aceptar

Ilustración 3.15. Definición de horario sábado (Calener GT)

- Horario de ocupación diario domingos y periodo vacacional

Mañanas y tardes: cerrado

Horarios ? X

Horario Diario | Horario Semanal | Horario Anual

Seleccionar Horario Diario: **HA7_D-12h-Fest**

Nombre: **HA7_D-12h-Fest**

Tipo: **Fracción**

Valores Horarios

0 - 1:	0,0000	ratio	8 - 9:	0,0000	ratio	16 - 17:	0,0000	ratio
1 - 2:	0,0000	ratio	9 - 10:	0,0000	ratio	17 - 18:	0,0000	ratio
2 - 3:	0,0000	ratio	10 - 11:	0,0000	ratio	18 - 19:	0,0000	ratio
3 - 4:	0,0000	ratio	11 - 12:	0,0000	ratio	19 - 20:	0,0000	ratio
4 - 5:	0,0000	ratio	12 - 13:	0,0000	ratio	20 - 21:	0,0000	ratio
5 - 6:	0,0000	ratio	13 - 14:	0,0000	ratio	21 - 22:	0,0000	ratio
6 - 7:	0,0000	ratio	14 - 15:	0,0000	ratio	22 - 23:	0,0000	ratio
7 - 8:	0,0000	ratio	15 - 16:	0,0000	ratio	23 - 24:	0,0000	ratio

Aceptar

Ilustración 3.16. Definición de horario domingo y periodo vacacional (Calener GT)

○ Horario de ocupación semanal

Una vez se han definido los horarios diarios, se deben asignar estos a cada uno de los días de la semana.

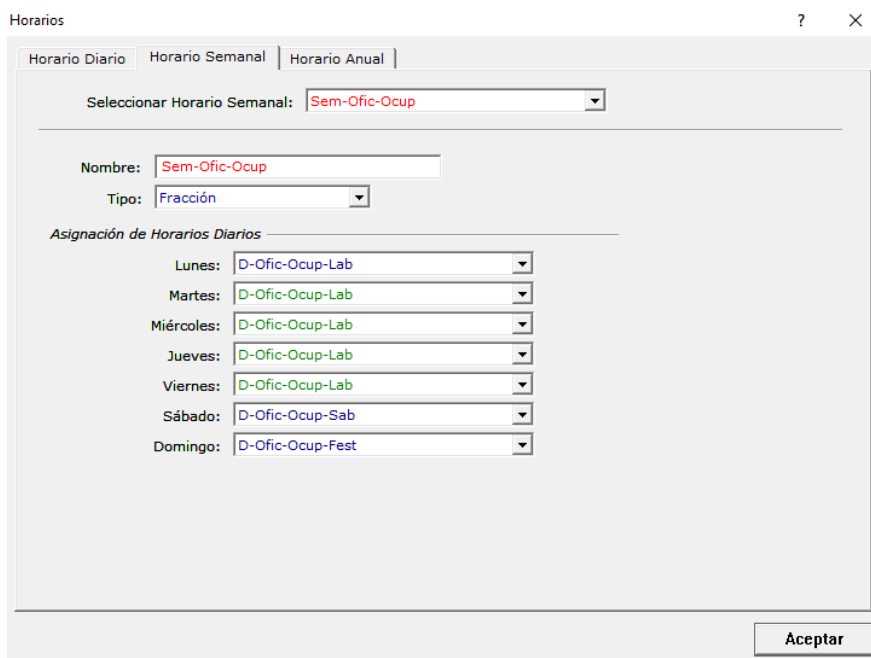
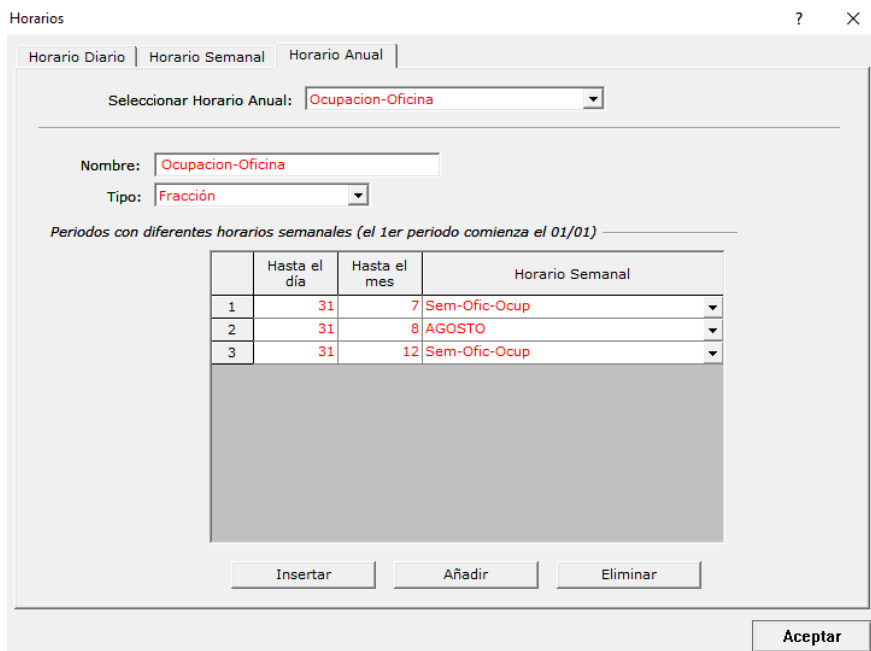


Ilustración 3.17. Definición de horario semanal (Calener GT)

○ Horario de ocupación anual

Por último, se determinan los periodos laborales y vacacionales a lo largo del año, incluyendo el mes de agosto en el que el edificio permanece cerrado.



	Hasta el día	Hasta el mes	Horario Semanal
1	31	7	Sem-Ofic-Ocup
2	31	8	AGOSTO
3	31	12	Sem-Ofic-Ocup

Ilustración 3.18. Definición de horario anual (Calener GT)

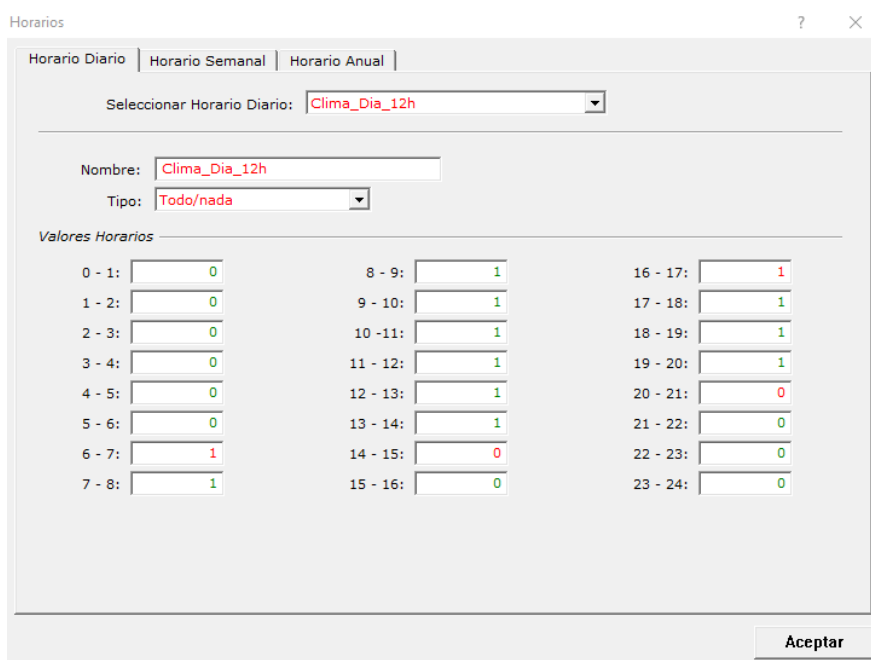
➤ Periodo de funcionamiento de las instalaciones de climatización y ventilación

Para simular en Calener GT cuántas horas diarias funcionan las instalaciones de climatización y ventilación, se ha creado un horario del tipo “Todo/nada” en el que se asigna un 1 a cada hora del día en la que las máquinas pueden funcionar y un 0 a cada hora en las máquinas permanecen apagadas.

Este horario se aplica a los ventiladores de los equipos de climatización y van a condicionar las horas en las que se mantienen las temperaturas de consigna que se establezcan. Fuera de estas horas, los equipos no funcionarán y, por lo tanto, no habrá un control de la temperatura.

Estos horarios siguen el mismo patrón que los definidos anteriormente para la apertura del edificio, comenzando a funcionar una hora antes de que abra y dejando de funcionar dos horas antes del cierre. Durante los días en los que el edificio permanece cerrado (domingos y agosto), no se genera ningún consumo de energía.

De igual manera, se crea el horario semanal y anual.



Valores Horarios		
0 - 1: 0	8 - 9: 1	16 - 17: 1
1 - 2: 0	9 - 10: 1	17 - 18: 1
2 - 3: 0	10 - 11: 1	18 - 19: 1
3 - 4: 0	11 - 12: 1	19 - 20: 1
4 - 5: 0	12 - 13: 1	20 - 21: 0
5 - 6: 0	13 - 14: 1	21 - 22: 0
6 - 7: 1	14 - 15: 0	22 - 23: 0
7 - 8: 1	15 - 16: 0	23 - 24: 0

Ilustración 3.19. Definición de horario diario para climatización (Calener GT)

➤ Periodo de funcionamiento de las instalaciones de iluminación

Se ha estimado que las horas en las que la iluminación se utiliza son diferentes para cada tipo de espacio del edificio. Se estima que en ninguno de los casos va a funcionar simultáneamente, el 100% de la instalación. Como máximo funcionarán, el 90% de las luminarias, durante las horas de trabajo y únicamente en los espacios acondicionados en los cuales se desarrolla la actividad laboral.

- Espacios no habitables (garajes): durante 2 horas al día de lunes a viernes y sábados 1 hora, el 50% de las luminarias para ambos casos, coincidiendo con las entradas y salidas de los trabajadores al edificio.

Horarios ? X

Horario Diario | Horario Semanal | Horario Anual

Seleccionar Horario Diario: D-ilu-Garaje

Nombre: D-ilu-Garaje

Tipo: Fracción

Valores Horarios

0 - 1: 0,0000 ratio	8 - 9: 0,0000 ratio	16 - 17: 0,0000 ratio
1 - 2: 0,0000 ratio	9 - 10: 0,0000 ratio	17 - 18: 0,0000 ratio
2 - 3: 0,0000 ratio	10 - 11: 0,0000 ratio	18 - 19: 0,0000 ratio
3 - 4: 0,0000 ratio	11 - 12: 0,0000 ratio	19 - 20: 0,5000 ratio
4 - 5: 0,0000 ratio	12 - 13: 0,0000 ratio	20 - 21: 0,0000 ratio
5 - 6: 0,0000 ratio	13 - 14: 0,0000 ratio	21 - 22: 0,0000 ratio
6 - 7: 0,0000 ratio	14 - 15: 0,5000 ratio	22 - 23: 0,0000 ratio
7 - 8: 0,5000 ratio	15 - 16: 0,5000 ratio	23 - 24: 0,0000 ratio

Aceptar

Ilustración 3.20. Definición del horario diario de iluminación para garajes (Calener GT)

- Espacios acondicionados: durante el horario de ocupación y utilizándose las instalaciones en la misma proporción que la densidad de ocupación. Sábados en horario de mañana. En este caso se emplea un horario ya definido por Calener GT, basado en parámetros habituales.

Horarios ? X

Horario Diario | Horario Semanal | Horario Anual

Seleccionar Horario Diario: D-Ofic-ilum-Lab

Nombre: D-Ofic-ilum-Lab

Tipo: Fracción

Valores Horarios

0 - 1: 0,0000 ratio	8 - 9: 0,2000 ratio	16 - 17: 0,9000 ratio
1 - 2: 0,0000 ratio	9 - 10: 0,9000 ratio	17 - 18: 0,9000 ratio
2 - 3: 0,0000 ratio	10 - 11: 0,9000 ratio	18 - 19: 0,9000 ratio
3 - 4: 0,0000 ratio	11 - 12: 0,9000 ratio	19 - 20: 0,3000 ratio
4 - 5: 0,0000 ratio	12 - 13: 0,9000 ratio	20 - 21: 0,1000 ratio
5 - 6: 0,0000 ratio	13 - 14: 0,9000 ratio	21 - 22: 0,1000 ratio
6 - 7: 0,0000 ratio	14 - 15: 0,4000 ratio	22 - 23: 0,0000 ratio
7 - 8: 0,1000 ratio	15 - 16: 0,4000 ratio	23 - 24: 0,0000 ratio

Aceptar

Ilustración 3.21. Definición del horario diario de iluminación para espacios acondicionados (Calener GT)

- Espacios no acondicionados: durante el horario de ocupación y utilizándose el 25% de los ratios empleados en los espacios acondicionados. Sábados en horario de mañana.

Horarios ? X

Horario Diario | Horario Semanal | Horario Anual

Seleccionar Horario Diario: D-Ofic-ilum-Lab-NA

Nombre: D-Ofic-ilum-Lab-NA

Tipo: Fracción

Valores Horarios

0 - 1: 0,0000 ratio	8 - 9: 0,0500 ratio	16 - 17: 0,2250 ratio
1 - 2: 0,0000 ratio	9 - 10: 0,2250 ratio	17 - 18: 0,2250 ratio
2 - 3: 0,0000 ratio	10 - 11: 0,2250 ratio	18 - 19: 0,2250 ratio
3 - 4: 0,0000 ratio	11 - 12: 0,2250 ratio	19 - 20: 0,0750 ratio
4 - 5: 0,0000 ratio	12 - 13: 0,2250 ratio	20 - 21: 0,0250 ratio
5 - 6: 0,0000 ratio	13 - 14: 0,2250 ratio	21 - 22: 0,0250 ratio
6 - 7: 0,0000 ratio	14 - 15: 0,1000 ratio	22 - 23: 0,0000 ratio
7 - 8: 0,0250 ratio	15 - 16: 0,1000 ratio	23 - 24: 0,0000 ratio

Aceptar

Ilustración 3.22.. Definición del horario diario de iluminación para espacios no acondicionados (Calener GT)

➤ Periodo de funcionamiento de los ventiladores de extracción en garajes

Dado que los sistemas de extracción de humos no están en constante funcionamiento, se ha estimado que se activan de lunes a viernes durante 2 horas al día, una por la mañana y otra por la tarde, y únicamente 1 hora por la mañana los sábados. Para ello, se ha creado un horario tipo “Todo/nada”. Como en los demás casos, se crea el horario diario, el semanal y, por último, el anual.

Horarios ? X

Horario Diario | Horario Semanal | Horario Anual

Seleccionar Horario Diario: D-vent-Garaje

Nombre: D-vent-Garaje

Tipo: Todo/nada

Valores Horarios

0 - 1: 0	8 - 9: 0	16 - 17: 0
1 - 2: 0	9 - 10: 0	17 - 18: 0
2 - 3: 0	10 - 11: 0	18 - 19: 0
3 - 4: 0	11 - 12: 0	19 - 20: 1
4 - 5: 0	12 - 13: 0	20 - 21: 0
5 - 6: 0	13 - 14: 0	21 - 22: 0
6 - 7: 0	14 - 15: 0	22 - 23: 0
7 - 8: 1	15 - 16: 0	23 - 24: 0

Aceptar

Ilustración 3.23. Definición del horario diario de ventilación en garajes (Calener GT)



➤ Periodo de funcionamiento de las instalaciones de ACS

Se crea un horario de tipo “Fracción” con ratios del 70% durante 12 horas de lunes a viernes y de 9 los sábados.

Horarios ? X

Horario Diario | Horario Semanal | Horario Anual

Seleccionar Horario Diario: D-Oficina-ACS-Lab

Nombre: D-Oficina-ACS-Lab

Tipo: Fracción

Valores Horarios

0 - 1:	0,0000	ratio	8 - 9:	0,7000	ratio	16 - 17:	0,7000	ratio
1 - 2:	0,0000	ratio	9 - 10:	0,7000	ratio	17 - 18:	0,7000	ratio
2 - 3:	0,0000	ratio	10 - 11:	0,7000	ratio	18 - 19:	0,7000	ratio
3 - 4:	0,0000	ratio	11 - 12:	0,7000	ratio	19 - 20:	0,7000	ratio
4 - 5:	0,0000	ratio	12 - 13:	0,7000	ratio	20 - 21:	0,0000	ratio
5 - 6:	0,0000	ratio	13 - 14:	0,7000	ratio	21 - 22:	0,0000	ratio
6 - 7:	0,7000	ratio	14 - 15:	0,0000	ratio	22 - 23:	0,0000	ratio
7 - 8:	0,7000	ratio	15 - 16:	0,0000	ratio	23 - 24:	0,0000	ratio

Aceptar

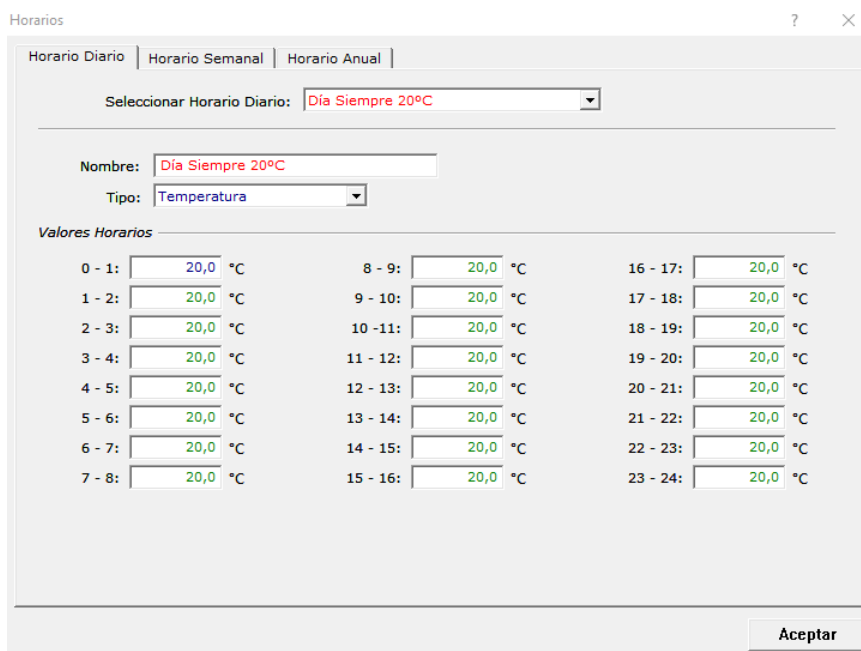
Ilustración 3.24. Definición del horario diario de ACS (Calener GT)

➤ Temperatura de consigna para equipos de climatización

Para definir las temperaturas que se deben mantener en el interior del edificio durante verano e invierno, se crea un horario de tipo “Temperatura” en el que se asigna, para cada hora del día, la temperatura de consigna (20°C y 25°C).

Como en los demás casos, se crean los horarios semanales y anuales correspondientes a cada temperatura.

Se presenta la definición de uno de los horarios diarios en Calener GT:



Horarios

Horario Diario | Horario Semanal | Horario Anual

Seleccionar Horario Diario: Día Siempre 20°C

Nombre: Día Siempre 20°C

Tipo: Temperatura

Valores Horarios

0 - 1: 20,0 °C	8 - 9: 20,0 °C	16 - 17: 20,0 °C
1 - 2: 20,0 °C	9 - 10: 20,0 °C	17 - 18: 20,0 °C
2 - 3: 20,0 °C	10 - 11: 20,0 °C	18 - 19: 20,0 °C
3 - 4: 20,0 °C	11 - 12: 20,0 °C	19 - 20: 20,0 °C
4 - 5: 20,0 °C	12 - 13: 20,0 °C	20 - 21: 20,0 °C
5 - 6: 20,0 °C	13 - 14: 20,0 °C	21 - 22: 20,0 °C
6 - 7: 20,0 °C	14 - 15: 20,0 °C	22 - 23: 20,0 °C
7 - 8: 20,0 °C	15 - 16: 20,0 °C	23 - 24: 20,0 °C

Aceptar

Ilustración 3.25. Definición de horario diario para temperatura de consigna de 20°C (Calener GT)

3.1.7. Instalaciones

➤ Climatización

La climatización del edificio se realiza mediante ventiloconvectores (fan-coils) a 4 tubos. Este sistema implica la existencia de dos circuitos hidráulicos independientes, uno de agua caliente y otro de agua fría, que suministran calor o frío a las unidades interiores de cada espacio en función de las solicitudes individuales.

Los fan-coils captan aire del propio espacio con el fin de calentarlo o enfriarlo y expulsarlo de nuevo al mismo espacio. Las propias unidades interiores son las que realizan la renovación del aire del exterior.

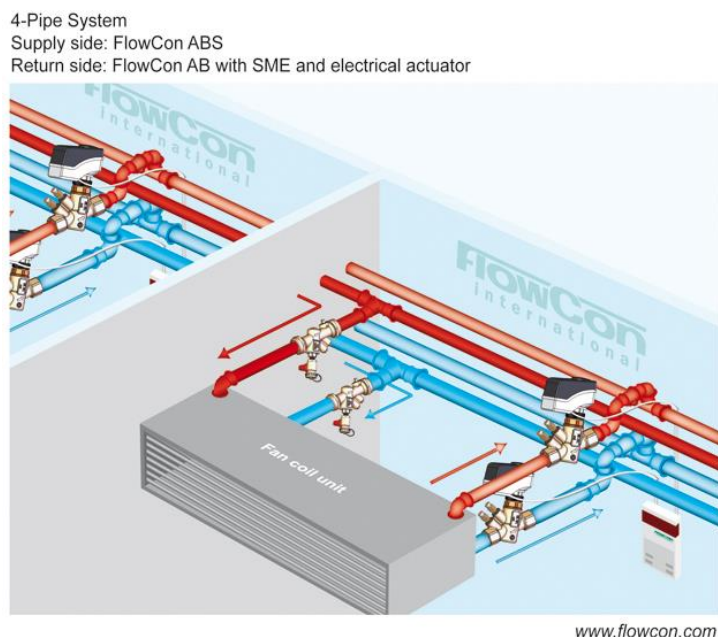


Ilustración 3.26. Climatización mediante fan-coils a 4 tubos [32]

Para simular este sistema de climatización en Calener GT se ha creado un circuito de agua caliente y otro de agua fría a los que se conectan las baterías de calor y de frío. Cada uno de estos circuitos divide el caudal total mediante una bomba principal entre los circuitos secundarios, provistos a su vez de una bomba cada uno dispuestas en paralelo, que llegan a cada planta.

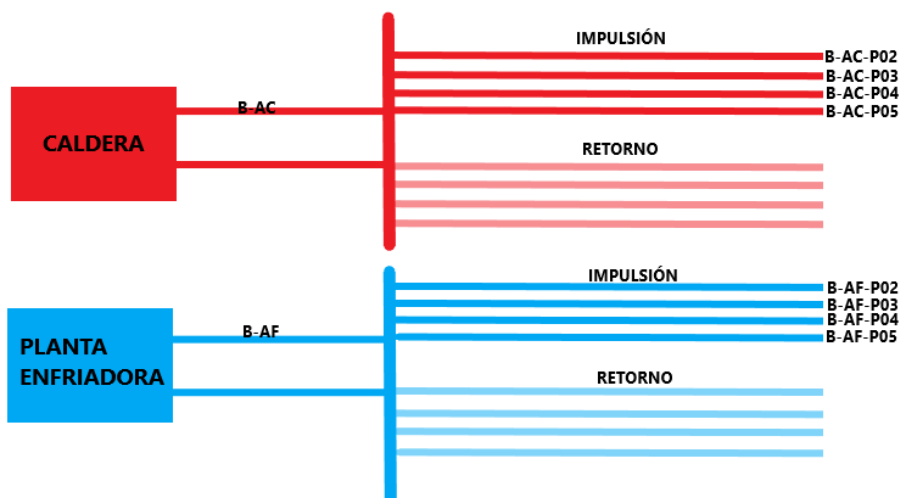


Ilustración 3.27. Esquema de principio de la instalación de climatización (elaboración propia)



Dado que el edificio tiene 4 plantas, hay 5 bombas por circuito, todas ellas con una altura de 30m ya que se supone que las instalaciones se ubican en la planta Sótano – 2.

Al disponerse las tuberías en paralelo:

$$Q_{total} = Q1 + Q2 + \dots + Qn$$

$$H_{total} = H1 = H2 = \dots = Hn$$

Para calcular los caudales de impulsión de las bombas se ha empleado la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{\Phi \times 0,86 \times 1.000}{(tF - tR)}$$

donde,

$\Phi \equiv$ demanda de calor obtenida de los planos de climatización del edificio [kW]

$tF \equiv$ temperatura del agua de impulsión, 45°C AC y 7°C AF [°C]

$tR \equiv$ temperatura del agua de retorno, 40°C AC y 12°C AF [°C]

0,86 kcal/h = 1 kW

1 m³ = 1.000 l de agua

Las capacidades de los espacios de una misma planta se suman para poder definir las bombas en la herramienta.

Para el caudal de la primera bomba del circuito de agua fría:

$$Q = \frac{\Phi \times 0,86}{(tF - tR)} = \frac{14,2 \times 0,86 \times 1.000}{(12 - 7)} = 2.442,4 \frac{l}{h}$$

Tabla 3.24. Capacidades y caudales de refrigeración

ZONA	Refrigeración	
	Cap. Total(kW)	Cap. Sensible (kW)
Z_P02_E01	14,2	10,65
Z_P03_E01	19,2	14,4
Z_P03_E02	2,8	2,1
Z_P03_E04	16,8	12,6
Z_P03_E06	2,8	2,1
Z_P04_E01	22,4	16,8
Z_P04_E04	16,8	12,6
Z_P05_E01	19,2	14,4
Z_P05_E03	14	10,5
Z_P05_E05	2,8	2,1
Z_P05_E06	2,8	2,1
Z_P05_E07	5,6	4,2

	Q AF (l/h)
B-AF-P02	2.442
B-AF-P03	7.155
B-AF-P04	6.742
B-AF-P05	7.637
B-AF	23.977

Para el caudal de la primera bomba del circuito de agua caliente:

$$Q = \frac{\Phi \times 0,86}{(t_F - t_R)} = \frac{16 \times 0,86 \times 1.000}{(45 - 40)} = 2.752 \frac{l}{h}$$

Tabla 3.25. Capacidades y caudales de calefacción

Calefacción		Q cal (l/h)	
ZONA	Capacidad (kW)	B-AC-P02	
Z_P02_E01	16	B-AC-P03	8.067
Z_P03_E01	21,5	B-AC-P04	7.568
Z_P03_E02	3,2	B-AC-P05	8.583
Z_P03_E04	19	B-AC	26.970
Z_P03_E06	3,2		
Z_P04_E01	25,2		
Z_P04_E04	18,8		
Z_P05_E01	21,5		
Z_P05_E03	15,7		
Z_P05_E05	3,2		
Z_P05_E06	3,2		
Z_P05_E07	6,3		

Cada una de las bombas que se ha creado se debe asociar a cada uno de los circuitos de agua fría y de agua caliente.

Como se ve en la siguiente tabla, se introducen los caudales calculados en cada una de las 10 bombas que se han definido:

Tabla 3.26. Características de las bombas creadas (Calener GT)

	Nombre bomba	Caudal (l/h)	Altura (m)	Potencia	Número de bomba
1	B-AC	26.970	30,0	3,62	1
2	B-AC-P02	2.752	30,0	0,37	1
3	B-AC-P03	8.067	30,0	1,08	1
4	B-AC-P04	7.568	30,0	1,02	1
5	B-AC-P05	8.583	30,0	1,15	1
6	B-AF	23.977	30,0	3,22	1
7	B-AF-P02	2.442	30,0	0,33	1
8	B-AF-P03	7.155	30,0	0,96	1
9	B-AF-P04	6.742	30,0	0,91	1
10	B-AF-P05	7.637	30,0	1,03	1

Se han mantenido por defecto los valores de rendimientos de motor y mecánico que establece Calener GT. La potencia no es un valor modificable.

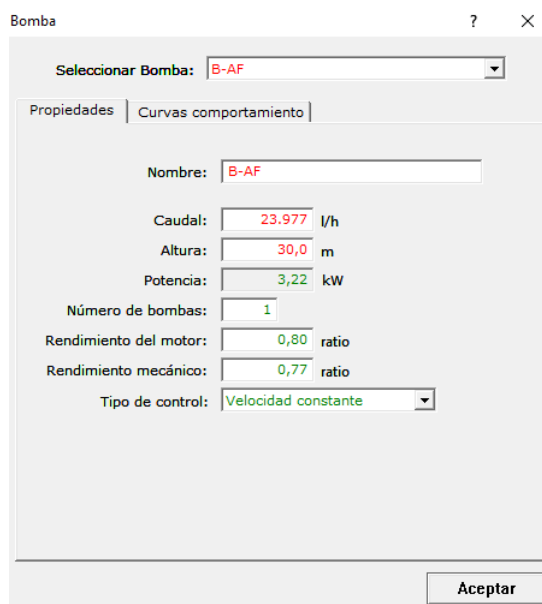


Ilustración 3.28. Definición de la bomba del circuito de agua fría B-AF (Calener GT)

La generación de agua caliente se realiza mediante una caldera eléctrica del fabricante Flowing de la serie 210, modelo FE-W210/180, funcionando con un rendimiento de hasta el 98% y una potencia nominal de 180kW. En Calener GT, se define la caldera de tipo eléctrico a partir de sus características. Se vincula al circuito de agua caliente que se ha creado previamente, por lo tanto, la temperatura de consigna depende de la que ya se ha impuesto previamente.

Tabla 3.27. Características técnicas calderas Serie 210 [33]

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelo	Capacidad (kW)	Capacidad (kcal/h)	Intensidad (A) 3x380V
FE-W210/90	90	77400	137
FE-W210/120	120	103200	182
FE-W210/150	150	129000	228
FE-W210/180	180	154800	273
FE-W210/210	210	180600	319

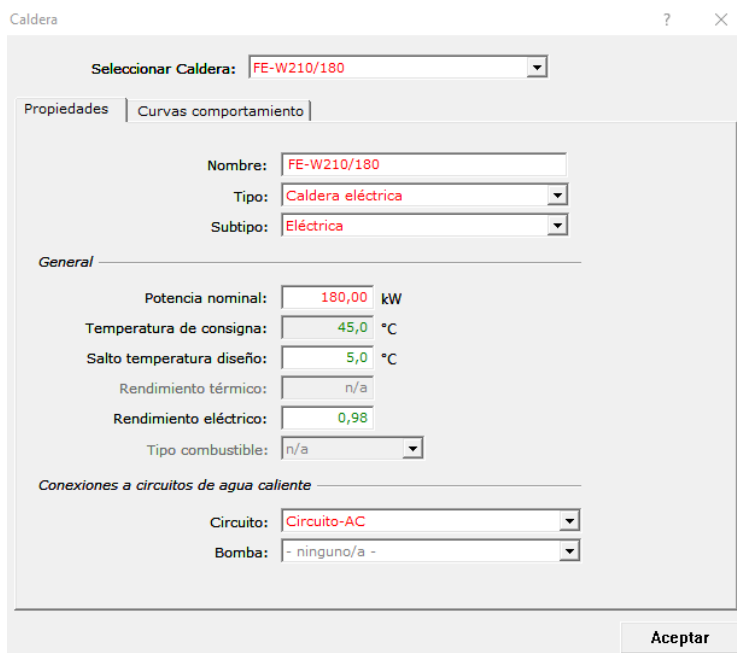


Ilustración 3.29. Definición de la caldera eléctrica (Calener GT)

La generación de agua fría se realiza mediante una planta enfriadora de tipo aire-agua con compresor eléctrico y condensación por aire. El fabricante es Kosner serie KC modelo Ecosys KC 149, con capacidad nominal de refrigeración de 149kW. Se necesita conocer el EER (Energy Efficiency Ratio) a partir de las especificaciones técnicas del producto. Dicho valor se puede obtener directamente de los parámetros que facilita el fabricante o se puede calcular a partir de la capacidad y de la potencia absorbida.

Tabla 3.28. Características técnicas Ecosys KC [34]

ECOSYS KC	KCC/KCH	1604
Capacidad frigorífica/calorífica (*)	kW	149/159
Potencia absorbida (frío/calor)	kW	54/51,1
EER		2,76
ESEER		4,02
COP		2,94

$$COP_{COOLING} = EER(\text{factor de eficiencia energética en refrigeración}) = \frac{149}{54} = 2,76$$

Como en el caso de la caldera, se debe establecer una conexión al circuito de agua fría, en este caso, definido anteriormente.

Planta enfriadora

Seleccionar Planta enfriadora: **ECOSYS KC 1604**

Características básicas | Conexiones a circuitos | Curvas comportamiento

Nombre: **ECOSYS KC 1604**

Tipo: **Compresor eléctrico**

General

Capacidad nominal refrigeración: **149,00** kW

Capacidad nominal calefacción: **n/a** kW

EER (electricidad): **2,76**

COP (electricidad): **n/a**

EER (térmico): **n/a**

Temperatura de consigna: **7,0** °C

Tipo de combustible: **n/a**

Condensador

Tipo condensación: **Por aire**

Fracción consumo térmico: **n/a** ratio

Aceptar

Ilustración 3.30. Definición de la planta enfriadora (Calener GT)

Seguidamente se crean los subsistemas secundarios que representan a los fan-coils. Hay un subsistema secundario por cada planta acondicionada. En cada uno se debe establecer el horario de funcionamiento de los ventiladores (12 horas), el circuito de agua fría al que pertenecen (en función de la planta) y la fuente de calor a nivel de zona (agua caliente).

Las zonas acondicionadas tienen una unidad interior instalada con potencia y caudal de impulsión determinados. En el caso de zonas con más de una unidad terminal, se suman las potencias y caudales y se representan como una única.

Es necesario introducir la capacidad sensible en refrigeración de las unidades interiores. Calener GT solicita los datos de la capacidad total y sensible de refrigeración.

Para determinar la capacidad sensible de refrigeración, se ha estimado un 75% de la capacidad total.

Tabla 3.29. Capacidades de refrigeración y calefacción y caudales de impulsión de aire

ZONA	Refrigeración		Calefacción	Q impulsión (m³/h)
	Cap. Total(kW)	Cap. Sensible (kW)	Capacidad (kW)	
Z_P02_E01	14,2	10,65	16	1944
Z_P03_E01	19,2	14,4	21,5	3240
Z_P03_E02	2,8	2,1	3,2	432
Z_P03_E04	16,8	12,6	19	2604
Z_P03_E06	2,8	2,1	3,2	432
Z_P04_E01	22,4	16,8	25,2	3714
Z_P04_E04	16,8	12,6	18,8	1740
Z_P05_E01	19,2	14,4	21,5	3240
Z_P05_E03	14	10,5	15,7	1302
Z_P05_E05	2,8	2,1	3,2	432
Z_P05_E06	2,8	2,1	3,2	432
Z_P05_E07	5,6	4,2	6,3	870



Por otra parte, se han definido los caudales de los ventiladores de extracción, a partir de los planos de instalaciones, y su potencia para distribuirla en función de la cantidad de aire de impulsión que se introduce en los espacios.

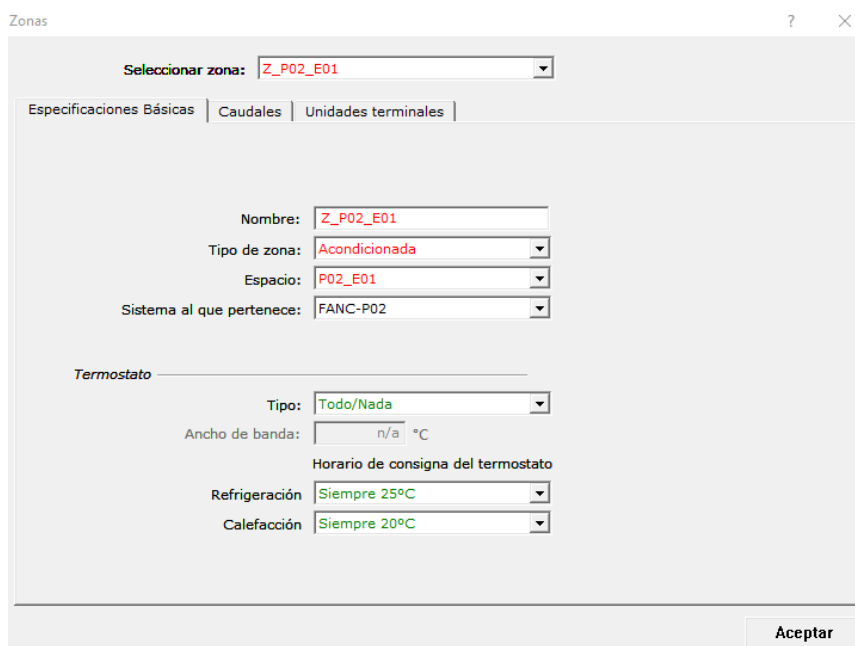
Tabla 3.30. Caudales y potencia extractores

ZONA	Extracción	
	Ventilación (m³/h)	Potencia(W)
Z_P02_E01	1600,00	740,00
Z_P03_E01	1932,02	917,71
Z_P03_E02	257,60	122,36
Z_P03_E04	1552,77	737,57
Z_P03_E06	257,60	122,36
Z_P04_E01	2723,87	1293,84
Z_P04_E04	1276,13	606,16
Z_P05_E01	2065,01	980,88
Z_P05_E03	829,83	394,17
Z_P05_E05	275,33	130,78
Z_P05_E06	275,33	130,78
Z_P05_E07	554,49	263,38

En cuanto a las temperaturas de consigna, Calener GT establece por defecto:

- Temperatura del aire en los recintos calefactados no superior a 20°C
- Temperatura del aire en recintos refrigerados no inferior a 25°C

A modo de ejemplo, se presenta cómo se introducen las características de acondicionamiento de una de las zonas del edificio.



Selecciónar zona: **Z_P02_E01**

Especificaciones Básicas | Caudales | Unidades terminales

Nombre: **Z_P02_E01**

Tipo de zona: **Acondicionada**

Espacio: **P02_E01**

Sistema al que pertenece: **FANC-P02**

Termostato

Tipo: **Todo/Nada**

Ancho de banda: **n/a** °C

Horario de consigna del termostato

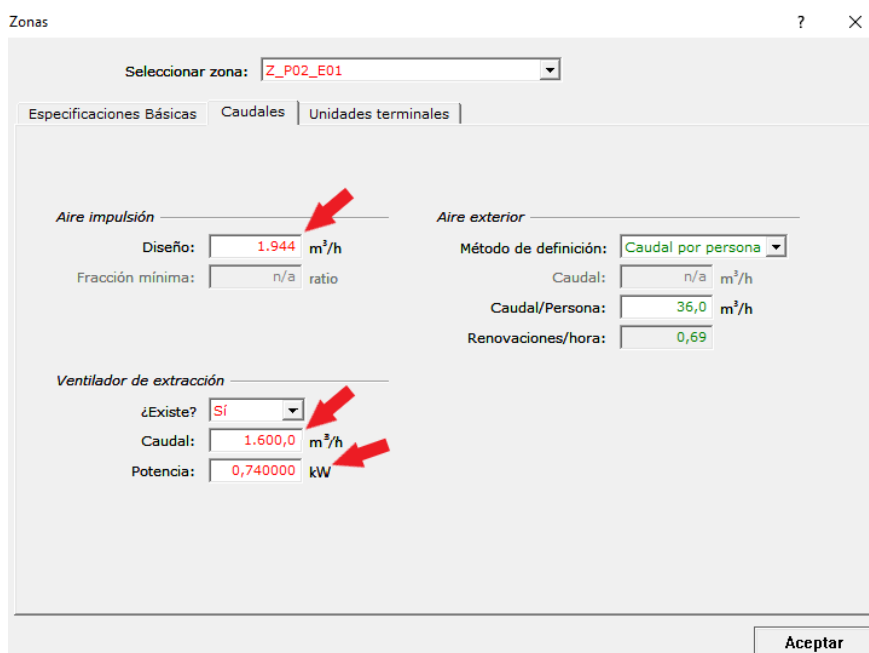
Refrigeración: **Siempre 25°C**

Calefacción: **Siempre 20°C**

Aceptar

Ilustración 3.31. Especificaciones básicas zona Z_P02_E01 (Calener GT)

El aire de exterior por defecto se establece como “Caudal por persona” con un valor de 36 m³/h. Las renovaciones/hora indican el número de veces a la hora que ese caudal renovarí el volumen de aire de la zona y lo calcula el programa a partir del caudal de ventilación y el volumen de la zona, cuyo valor no es editable. [30]



Selecciónar zona: **Z_P02_E01**

Especificaciones Básicas | Caudales | Unidades terminales

Aire impulsión

Diseño: **1.944** m³/h

Fracción mínima: **n/a** ratio

Aire exterior

Método de definición: **Caudal por persona**

Caudal: **n/a** m³/h

Caudal/Persona: **36,0** m³/h

Renovaciones/hora: **0,69**

Ventilador de extracción

¿Existe? **Sí**

Caudal: **1.600,0** m³/h

Potencia: **0,740000** kW

Aceptar

Ilustración 3.32. Caudales zona Z_P02_E01 (Calener GT)

Los caudales de refrigeración y calefacción son propiedades no editables. Se determinan a partir de la potencia y el salto térmico. Se distribuyen entre los distintos espacios en función de los caudales previos que se han definido en las bombas de impulsión de los circuitos de agua caliente y agua fría.

Zonas ? X

Seleccionar zona: **Z_P02_E01**

Especificaciones Básicas | Caudales | Unidades terminales |

Refrigeración

Potencia total: **14,20** kW

Potencia sensible: **10,65** kW

Caudal: **2.442** l/h

Calefacción

Potencia: **16,00** kW

Caudal: **2.752** l/h

Calefacción auxiliar

Potencia: **n/a** kW

Caudal: **n/a** l/h

Aceptar

Ilustración 3.33. Unidades terminales zona Z_P02_E01 (Calener GT)

Una vez se han definido todos los factores que determinan la instalación de climatización, se pueden observar las dependencias y conexiones de forma esquemática.

Como se puede ver en la ilustración, hay circuitos principales, el de agua fría y el de agua caliente. Cada uno de estos circuitos se le ha asociado la bomba principal y el equipo generador. Los subcircuitos tienen asociadas las bombas secundarias en función de cada planta, así como los fan-coils por los que circulará el agua de dichos circuitos. Además, cada circuito tiene asociada la zona en la que se han definido las capacidades de las unidades interiores.

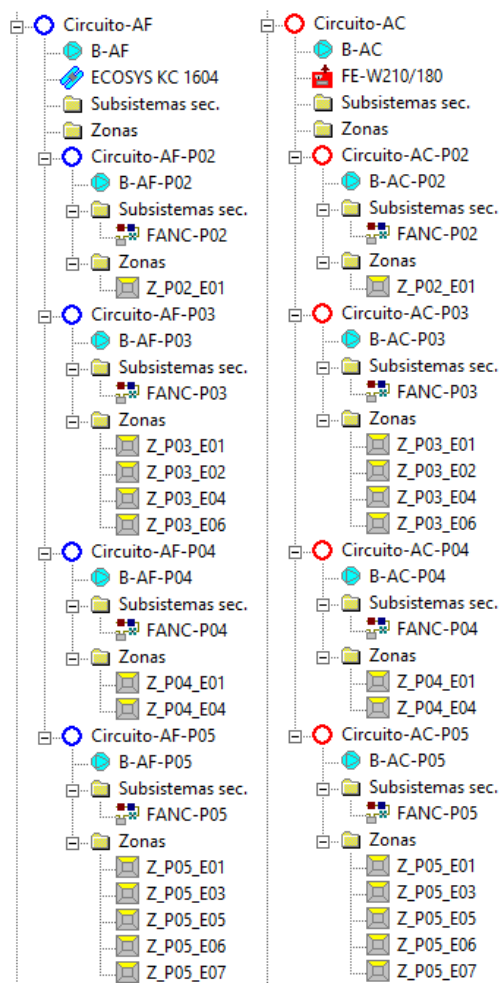


Ilustración 3.34. Conexiones de la instalación de climatización (Calener GT)

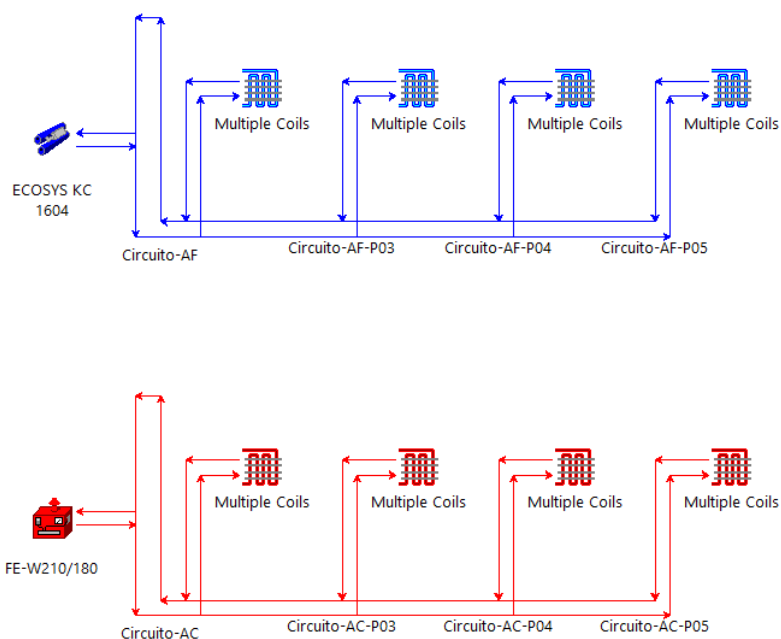


Ilustración 3.35. Esquema del principio de la instalación simulada (Calener GT)

➤ Extracción de humos en garajes

En las plantas destinadas a garaje, la ventilación se basa en la introducción de aire de forma natural desde el exterior mediante rejillas y en un sistema de conductos conectados a 4 extractores de humos ubicados en la planta Sótano -1 operando en modo continuo o en modo emergencia (caso de incendio).

De acuerdo a los espacios a los que están destinados el funcionamiento los extractores, la instalación se distribuye de la siguiente manera:

SÓTANO -2	2 extractores CJS-2071-6T-3 con un caudal por unidad de 12.500 m ³ /h y una potencia de 2,2kW
SÓTANO -1	1 extractor CJS-2071-6T-3 con un caudal por unidad de 12.500 m ³ /h y una potencia de 2,2kW
	1 extractor CJS-2263-8T con un caudal por unidad de 8.700 m ³ /h y una potencia de 1,1kW

Tabla 3.31. Características técnicas extractores Sodeca [35]

Características técnicas

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m ³ /h)	Nivel presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)
		230V	400V	690V				
CJS-1240-6T	930	1,90	1,90		0,55	2750	59	87
CJS-1850-4T	1425	6,60	3,80		1,50	6700	70	87
CJS-1850-4/8T	1415/715		3,60 / 1,50		1,50/0,30	6700/3350	70 / 55	92
CJS-1850-6T	930	3,30	1,90		0,55	4000	60	85
CJS-2056-4T	1435	9,20	5,30		2,20	9500	72	133
CJS-2056-4/8T	1415/715		5,20 / 1,90		2,20/0,45	9500/4750	72 / 57	146
CJS-2056-6T	940	4,40	2,60		0,75	6500	62	128
CJS-2263-4T	1430		11,50	6,64	5,50	17400	74	196
CJS-2263-4/8T	1455/725		12,80 / 4,60		5,50 / 1,10	17400/8700	74 / 59	215
CJS-2263-6T	945	6,40	3,70		1,10	9000	64	139
CJS-2071-4T	1455		23,00	13,28	11,00	25000	83	285
CJS-2071-4/8T	1470/725		23,20 / 8,70		11,00/2,80	25000/12500	83 / 68	285
CJS-2071-6T-3	950	10,30	5,90		2,20	12500	68	156
CJS-2071-6T-5,5	970		11,00	6,35	4,00	16000	70	251
CJS-2880-6T	970		11,00	6,35	4,00	17100	71	249

Para simular esta instalación en Calener GT, se ha creado un subsistema de “Solo ventilación” que solicita el caudal y la potencia de los extractores. Al igual que en el caso de la climatización, a cada zona solo se le puede asignar un subsistema por lo que en la planta Sótano -2 se ha definido una máquina con la suma de los caudales y potencias del extractor CJS-2071-6T-3 y en la planta Sótano -1, se han definido dos máquinas que simulan las especificaciones del extractor CJS-2071-6T-3 y del CJS-2263-8T.

A nivel zonal, los caudales de extracción (simulados como caudales de impulsión) se ha distribuido:

Tabla 3.32. Caudales y potencia extractores de humo

Extractores		
ZONA	Q impulsión (m ³ /h)	Potencia (kW)
Z_P01_E01	25000	4,40
Z_P02_E03	18479	2,88
Z_P02_E04	2721	0,42

Subsistemas secundarios ? X

Seleccionar Sistema: CJS-2071-6T-3

Especificaciones Básicas | Ventiladores | Refrigeración | Calefacción | Control | Técnicas de recuperación | C

Nombre: CJS-2071-6T-3

Tipo de sistema: Sólo ventilación

Parámetros generales

Tipo de retorno: Por conductos

Zona de control: n/a

Control de humedad

Tipo: Ninguno

Humedad máxima: n/a %

Humedad mínima: n/a %

Aceptar

Ilustración 3.36. Especificaciones básicas extractor CJS-2071-6T-3 (Calener GT)

Subsistemas secundarios ? X

Seleccionar Sistema: CJS-2071-6T-3

Especificaciones Básicas | Ventiladores | Refrigeración | Calefacción | Control | Técnicas de recuperación | C

Ventilador de impulsión

Horario: Anual-vent-Garaje

Caudal: 25.000 m³/h

Potencia: 4,40 kW

Tipo de control: Caudal constante

Ventilador de retorno

¿Existe? No

Caudal: n/a m³/h

Potencia: n/a kW

Caja de caudal variable

Caudal mínimo: n/a ratio

Aceptar

Ilustración 3.37. Introducción propiedades por defecto extractor CJS-2071-6T-3 (Calener GT)

➤ Generación de agua caliente sanitaria (ACS)

La generación de agua caliente sanitaria para el abastecimiento de los grifos de los aseos del edificio y de las duchas ubicadas en la planta Sótano-1 se resuelve con un termo eléctrico Saunier Duval 150 SDN con depósito de 150 litros e instalación de colectores solares marca Weishaupt modelo WTS-K1 de 2,59 m² de superficie útil cubriendo el 60% de la demanda (contribución solar mínima). Se trata de una instalación pequeña ya que se estima una demanda de agua caliente sanitaria a 60°C, al tratarse de uso de oficina, de tan sólo 2l/día por persona según el DB-HE.

Tabla 3.33. Demanda de referencia de ACS a 60°C según el tipo de uso de la edificación [22]

Criterio de demanda	Litros/día-unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Para estimar la demanda máxima de ACS se ha procedido de la siguiente manera, basado en el cálculo previo de la Ocupación en este documento. Se trata de un cálculo muy aproximado pero, dado que se conoce que el consumo va a ser mínimo, no será necesario realizar ninguna rehabilitación energética.

$$\begin{aligned}
 \text{Demanda ACS} &= \text{Total ocupantes} \times \text{Caudal diario ACS} \left[\frac{l}{\text{día}} \right] \times N^{\circ} \text{ horas ocupación [día/h]} = \\
 &= 873 \text{ Ocupantes} \times 2 \frac{l}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{12h} = 146 \frac{l}{h}
 \end{aligned}$$

Se debe crear un circuito hidráulico de ACS con las características de la instalación para poder asignarlo al generador de ACS del edificio objeto.

Se supone una temperatura del agua de la red de media anual de 12°C atendiendo a la Sección HE 4 del DB-HE.

Tabla 3.34. Temperatura media agua fría en Santander [22]

Capital de provincia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Ju	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Santander	10	10	11	11	13	15	16	16	16	14	12	10

El salto de temperatura de diseño (48°C) viene referido a la diferencia entre la temperatura de consigna (60°C) y la temperatura del agua de la red (12°C).

Circuito hidráulico

Selecciónar Circuito hidráulico: **Circuito_ACS**

Parámetros | Control

Nombre: **Circuito_ACS**

Tipo circuito: **Agua caliente sanitaria**

Subtipo: **Primario**

Circuito primario: **n/a**

Bomba circuito: **- ninguno/a -**

Caudal recirculado: **n/a** l/h

Porcentaje caudal primario: **n/a** %

Salto Tª diseño: **48** °C

Aceptar

Ilustración 3.38. Parámetros del circuito de ACS (Calener GT)

Circuito hidráulico

Selecciónar Circuito hidráulico: **Circuito_ACS**

Parámetros | Control

Modo de operación: **n/a**

Temperatura de cambio estacional: **n/a**

Horario disponibilidad calor: **n/a**

Horario disponibilidad frío: **n/a**

Calefacción/ACS

Tipo control T agua: **Fijo**

Temperatura consigna: **60,0** °C

Horario T consigna: **n/a**

Ley correspondencia T: **n/a**

Caudal máximo ACS: **146,0** l/h

T del agua de red: **12,0** °C

Horario ACS: **Demanda-Oficina-ACS**

Refrigeración/Condensación

Tipo control T agua: **n/a**

Temperatura consigna: **n/a** °C

Horario T consigna: **n/a**

Ley correspondencia T: **n/a**

Aceptar

Ilustración 3.39. Control del circuito de ACS (Calener GT)

El generador de ACS que se ha definido en Calener GT es un termo eléctrico Saunier Duval con un depósito de acumulación de 150l para el que se han estimado unas pérdidas térmicas de 1,1 W/K. Para definirlo, se ha seleccionado una caldera eléctrica de 2,4 kW con depósito de acumulación y un rendimiento eléctrico del 100%.

Tabla 3.35. Características técnicas termo Saunier Duval 150 SDN [36]

Características técnicas

www.saunierduval.es

	Capacidad (L)	Peso (kg)	Tensión (V)	Potencia (W)	Tiempo de calentamiento Δt 25°C (mín.)
VERTICALES					
SDN 30 V SDC 30 V	30	21	230	1.800	30
SDN 50 V SDC 50 V	50	26	230	1.200	78
SDN 80 V SDC 80 V	80	35	230	1.200	126
SDN 100 V SDC 100 V	100	40	230	1.200	156
SDN 150 V SDC 150 V	150	53	230	2.400	120

Generador de agua caliente sanitaria ? ×

Seleccionar Generador ACS: SAUNIER-DUVAL-150-SDN

Características básicas | Varios | Curvas comportamiento

Nombre: SAUNIER-DUVAL-150-SDN

Tipo: Caldera eléctrica

Acumulación: Con depósito de acumulación

General

Potencia nominal: 2,40 kW

Temperatura de consigna: 60,0

Rendimiento térmico: n/a

Rendimiento eléctrico: 1,00

Tipo combustible: n/a

Acumulación

Volumen depósito: 150,0 l

Pérdidas térmicas depósito: 1,1 W/K

Aceptar

Ilustración 3.40. Definición del termo Saunier Duval 150 SDN (Calener GT)

- Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

Con el fin de cubrir el porcentaje de demanda solar de ACS el edificio cuenta con una instalación de colectores solares marca Weishaupt modelo WTS-K1 de 2,59 m² de superficie útil.

Para el caso de Santander, la instalación solar térmica debe proporcionar un aporte mínimo del 60% de la energía necesaria para satisfacer la demanda de ACS [37].

Tabla 3.36. Especificaciones técnicas Sistema Solar Weishaupt Solar WTS-F1 [38]

Sistema Weishaupt Solar WTS-F1			K1 / K2	K3 / K4
Peso/ Superficie	Colector	kg	42	53
	Superficie bruta	m²	2,59	2,55
	Superficie absorbadora	m²	2,29	2,28
	Superficie apertura (sup. entrada luz)	m²	2,33	2,29
Material	Material del absorbedor	Chapa de aluminio con tubo de cobre, soldado por láser		
	Recubrimiento del absorbedor	Recubrimiento selectivo tricapa		
	Material del bastidor	Perfil de aluminio		
	Material aislante	Lana mineral		
	Material de juntas	EPDM		
	Tapa transparente	Cristal Solar, clase 1		
Aportación térmica	Potencia del colector	Los colectores solares Weishaupt son de alta eficiencia y, por ello, cumplen las exigencias más estrictas, como, por ejemplo, las del Angel Azul	kWh/m²/a	> 525
	Potencia térmica / Colector individual	Valores en banco de pruebas: Intensidad de radiación 1000W/m² Ta = 20°C, Tm = 50°C medida en el colector	kW	1,63
Normas	EN 12975			
Homologación/Certificación	Instituto para Termodinámica y Técnica Térmica (Alemania) Informe de pruebas: 06COL476OEM01(K1, K2), SPF C691(K3, K4) Certificado DIN CERTCO, Solar Keymark			

Generador de agua caliente sanitaria

Seleccionar Generador ACS: SAUNIER-DUVAL-150-SDN

Características básicas | Varios | Curvas comportamiento

Apoyo eléctrico

Potencia apoyo eléctrico: n/a kW

Máxima tª bomba de calor: n/a °C

Conexiones a circuitos ACS

Circuito ACS: Circuito_ACS

Bomba ACS: - ninguno/a -

Panel solar

Panel solar: Sí

Area: 2,59 m²

Porcentaje demanda cubierta: 60 %

Aceptar

Ilustración 3.41. Definición instalación solar térmica (Calener GT)

➤ Iluminación

La distribución de las luminarias, así como los fabricantes y modelos de estas, se han obtenido a partir de los planos de las instalaciones de iluminación originales, pertenecientes al proyecto de ejecución del edificio.

Para la introducción de la potencia instalada [W/m^2] en Calener GT, ha sido necesario estimar la potencia consumida por la propia lámpara junto con el equipo auxiliar, entendido como el mecanismo empleado para el arranque y control de las condiciones de funcionamiento de las lámparas. Para la estimación, se ha empleado un coeficiente de 1,2 sobre la potencia que marcan los fabricantes en las fichas técnicas de cada modelo. Todas las luminarias instaladas en un principio, son de tipo fluorescente a excepción de las dispuestas en el hueco del ascensor, que son de tipo halógeno.

Tabla 3.37. Luminarias originales instaladas

Modelo	Potencia lámpara + equipo auxiliar (W)	Unidades
LUMINARIA PACIFIC ESTANCA TCW216 1xTL-D58W/840	69,6	166
LUMINARIA PACIFIC ESTANCA TCW216 2xTL-D58W/840	139,2	33
DOWNLIGHT FUGATO COMPACT, EQUIPO ELECTRÓNICO mod. FBS261 2xPL-C/4P26W/840	62,4	61
LUMINARIA ROTARIS TBS 741 1xTL5 C60W/840	72	262
PORTALÁMPARAS DE 60W 230V EN HUECO DE ASCENSOR	72	10
DOWNLIGHT EUROPA 2 FBS120 2xPL-C/4P26W HF P W2	62,4	68

Además, se ha calculado el Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI) según las siguientes iluminancias:

VEEI: valor que mide la eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona de actividad diferenciada [$\text{W} \cdot 100\text{lux}/\text{m}^2$] [22].

Tabla 3.38. Iluminancia en función de uso

Uso del espacio	Perfil de uso	Iluminancia (lux)
Garaje	No habitable	200
Pasillos, vestíbulos, archivos, almacenes, aseos	No acondicionado	250
Oficinas, despachos, salas de reuniones	Acondicionado	500

Para estimar dichas iluminancias se ha recurrido al RD 486/1997, 14 de abril, por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo:



Tabla 3.39. Niveles mínimos de iluminación [39]

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1.º Bajas exigencias visuales	100
2.º Exigencias visuales moderadas	200
3.º Exigencias visuales altas	500
4.º Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

El VEEI se determina mediante la siguiente expresión: $VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$

donde,

P \equiv potencia de la lámpara más el equipo auxiliar [W]

S \equiv superficie iluminada [m²]

E_m \equiv iluminancia media horizontal mantenida (valor por mínimo que no puede descender) [lux]

Para el primero de los espacios (P01_E01), se ha calculado la potencia instalada y el VEEI de la siguiente manera:

$$\text{Potencia total} = \sum (N^{\circ} \text{luminarias} \times \text{Potencia luminaria}) =$$

$$= 86 \times 69,6W + 23 \times 139,2W + 2 \times 60W + 9 \times 62,4W = 9892,8W$$

$$\text{Potencia instalada} = \frac{\text{Potencia total}}{\text{Superficie espacio}} = \frac{P}{S} = \frac{9892,8W}{2352m^2} = 4,21 \frac{W}{m^2}$$

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} = \frac{P}{S} \times \frac{100lux}{E_m} = 4,21 \frac{W}{m^2} \times \frac{100lux}{200lux} = 2,10 \frac{W}{m^2} \text{ por cada } 100 \text{ lux}$$

Tabla 3.40. Características iluminación por espacios

Espacio	Superficie (m ²)	Perfil de uso	Potencia total (W)	Potencia instalada (W/m ²)	VEEI (W/m ² ·100lux)
P01_E01	2352,00	No habitable	9892,8	4,21	2,10
P02_E01	212,83	Acondicionado	3024	14,21	2,84
P02_E02	286,88	No acondicionado	2304	8,03	3,21
P02_E03	1503,34	No habitable	5150,4	3,43	1,71
P02_E04	221,34	No habitable	835,2	3,77	1,89
P03_E01	187,32	Acondicionado	2736	14,61	2,92
P03_E02	56,84	Acondicionado	561,6	9,88	1,98
P03_E03	158,72	No acondicionado	1545,6	9,74	3,90
P03_E04	147,62	Acondicionado	1944	13,17	2,63
P03_E05	34,45	No acondicionado	374,4	10,87	4,35
P03_E06	36,66	Acondicionado	508,8	13,88	2,78
P03_E07	36,22	No acondicionado	62,4	1,72	0,69
P04_E01	238,56	Acondicionado	2947,2	12,35	2,47
P04_E02	75,38	No acondicionado	508,8	6,75	2,70
P04_E03	47,96	No acondicionado	499,2	10,41	4,16
P04_E04	239,79	Acondicionado	3312	13,81	2,76
P04_E05	56,16	No acondicionado	446,4	7,95	3,18

P05_E01	187,32	Acondicionado	2736	14,61	2,92
P05_E02	85,17	No acondicionado	571,2	6,71	2,68
P05_E03	157,40	Acondicionado	1848	11,74	2,35
P05_E04	48,00	No acondicionado	499,2	10,40	4,16
P05_E05	17,76	Acondicionado	144	8,11	1,62
P05_E06	17,79	Acondicionado	144	8,09	1,62
P05_E07	88,22	Acondicionado	864	9,79	1,96
P05_E08	56,16	No acondicionado	321,6	5,73	2,29

Por otra parte, en Calener GT se debe establecer el VEEI límite tomando los valores establecidos en el DB-HE-3 para cada tipo de zona y que, en determinados casos, se está sobrepasando. Es el valor que utilizará Calener GT para la simulación del edificio de referencia:

Tabla 3.41. Valores de VEEI límite según zona [22]

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0

En Calener GT, se introducen las características de iluminación para cada uno de los espacios que se han definido previamente:

Espacios ? X

Seleccionar Espacio: P01_E01

Descripción y geometría | Ocupación, equipos e infiltración | Iluminación artificial y natural

Iluminación artificial

Horario: Anual-ilu-Garaje

Potencia/Área: 4,21 W/m²

Tipo de luminaria: Fluorescente No ventilada

Valor de eficiencia energética (VEEI): 2,10 W/m²·100lux

Valor de eficiencia energética (VEEI) Límite: 4,00 W/m²·100lux

Iluminación artificial contralada por la natural

Existe control automático: No Nº de puntos de referencia: n/a

Puntos de referencia iluminación

	Fracción zona	Consigna iluminación	Tipo de control	Coordenadas relativas		
				X	Y	Z
Punto 1:	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Punto 2:	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

Fracción potencia mín.: n/a Frac. ilum. mín.: n/a Nº etapas control: n/a

Aceptar

Ilustración 3.42. Definición de las características de iluminación en el espacio P01_E01 (Calener GT)

4. RESULTADOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Los resultados obtenidos son producto, íntegramente, de la simulación energética del edificio definido previamente en Calener GT. La información que proporciona es detallada, mostrando sobre qué aspectos concretos se puede actuar para tratar de dar una solución más eficiente al comportamiento del edificio. Por el contrario, tiene la desventaja de que requiere una gran recopilación de información previa, sobre todo en lo referido a las instalaciones de climatización, para poder trabajar de manera adecuada y sacar el máximo partido.

Este proyecto se centra en los consumos energéticos y emisiones de cada factor que influye en el edificio, por lo que no se ha buscado analizar las demandas que muestra el programa Calener GT.

4.1. Variables analizadas

Se ha utilizado el programa de visualización de resultados de Calener para analizar las demandas, consumos y emisiones de CO₂. Los resultados por unidad de superficie del edificio se obtienen a partir del área conjunta de los espacios acondicionados, no acondicionados y no habitables, suponiendo una superficie de 6549,89 m².

Las fórmulas que emplea el programa han sido extraídas del Manual Técnico de Calener GT.

Energía final [kWh]

Energía consumida directamente para los usos finales del edificio.

Energía primaria [kWh]

Equivalente a la energía final consumida por el edificio dispuesta en su estado original, sin haber sufrido procesos de transformación ni conversión.

Emisiones de CO₂ [kgCO₂]

Emisiones asociadas a la energía primaria consumida como consecuencia del uso de las instalaciones del edificio:

- a) Agua caliente sanitaria
- b) Climatización (Calefacción, refrigeración y ventiladores)
- c) Bombas y auxiliares
- d) Sistema de condensación
- e) Iluminación

$$E_{ACS,ref} [\text{kg CO}_2] = D_{ACS} [\text{kWh}] \frac{1}{\eta_{ACS,ref}} c_{CO_2} [\text{kg CO}_2/\text{kWh}]$$

$$D_{ilum} [\text{lux}] = \frac{P_{ilum} [\text{W/m}^2] 100}{VEEI [\text{W/m}^2 \cdot 100 \text{ lux}]} = D_{ilum,ref} [\text{lux}] = \frac{P_{ilum,ref} [\text{W/m}^2] 100}{VEEI_{ref} [\text{W/m}^2 \cdot 100 \text{ lux}]}$$

$$P_{ilum,ref} [\text{W/m}^2] = P_{ilum} [\text{W/m}^2] \frac{VEEI_{ref} [\text{W/m}^2 \cdot 100 \text{ lux}]}{VEEI [\text{W/m}^2 \cdot 100 \text{ lux}]}$$

$$E_{ilum,ref} [\text{kg CO}_2] = C_{ilum,ref} [\text{kWh}] c_{CO_2} [\text{kg CO}_2/\text{kWh}]$$

Cada uno de estos factores son calculados por Calener GT para el edificio objeto (definido por el usuario) y para el edificio de referencia (definido por el usuario y modificado por Calener GT para utilizarlo como comparador).



El resultado de dividir las emisiones por superficie total del edificio del edificio objeto entre el edificio de referencia, son los indicadores. Si el indicador es 1 implica que emite la misma cantidad de CO₂ que el edificio de referencia; si fuera 0,5 emitiría la mitad. Estos indicadores están asociados a letras de la A (más eficiente) a la G (menos eficiente). Cuanto menor sean, supondrá mayor porcentaje de ahorro del edificio objeto frente al edificio de referencia.

Demandas de calefacción y refrigeración [kWh/m²].

Se recomienda utilizar la Herramienta Unificada Lider-Calener (HULC) para el cálculo de la calificación en demandas, ya que el motor de cálculo que emplea, S3PAS, es más óptimo en este aspecto.

Es energía necesaria para mantener las condiciones de confort en el edificio. Calener GT lo simula estableciendo una temperatura de 22,5°C para todo el año, sin ninguna parada y para todos los espacios del edificio.

Se utilizan para obtener las emisiones debidas a la refrigeración y calefacción, dividiéndose éstas entre los rendimientos medios estacionales para después multiplicarlas por el correspondiente coeficiente de paso a emisiones de CO₂.

$$E_{calef,ref} [\text{kg CO}_2] = D_{calef,ref} [\text{kWh}] \frac{1}{\eta_{calef,ref}} c_{CO_2} [\text{kg CO}_2/\text{kWh}]$$

$$E_{refri,ref} [\text{kg CO}_2] = D_{refri,ref} [\text{kWh}] \frac{1}{\eta_{refri,ref}} c_{CO_2} [\text{kg CO}_2/\text{kWh}]$$

Para obtener las demandas de referencia, Calener GT modifica la envuelta del edificio creado por el usuario con el fin de que este cumpla con las condiciones del CTE. Los sistemas secundarios los modifica para que tengan un comportamiento de condiciones ideales en el cálculo.

Al igual que en el caso de las emisiones, también se determinan sus indicadores.

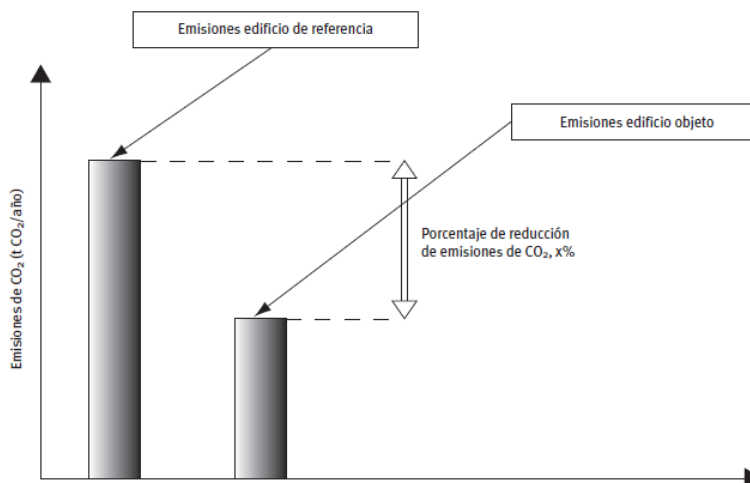


Ilustración 4.1. Emisiones del edificio referencia frente al edificio objeto [28]

4.2. Coeficientes de paso de energía y factores de emisión de CO2

Para obtener las equivalencias de energía final en energía primaria no renovable y en emisiones de CO2, Calener GT emplea los coeficientes disponibles en el documento reconocido de “Factores de CO2 y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España”, disponible en la web del Ministerio para la Transición Ecológica.

En el caso del edificio del proyecto, la totalidad del consumo es de origen eléctrico peninsular y no se emplean otro tipo de combustibles, pero en las propuestas de mejora, sí.

Los coeficientes utilizados para la conversión han sido:

- De energía final a primaria no renovable:

$$1,954 \frac{kWh \text{ E.primaria no renovable}}{kWh \text{ E.final}} \text{ para electricidad convencional peninsular}$$

$$0,085 \frac{kWh \text{ E.primaria no renovable}}{kWh \text{ E.final}} \text{ para biomasa densificada (pellets)}$$

- De energía final a emisiones de CO2:

$$0,331 \frac{kg \text{ CO}_2}{kWh \text{ E.final}} \text{ para electricidad convencional peninsular}$$

$$0,018 \frac{kg \text{ CO}_2}{kWh \text{ E.final}} \text{ para biomasa densificada (pellets)}$$

Tabla 4.1. Factores de conversión de energía final a primaria [40]

Factores de conversión de energía final a primaria					
	Fuente	Valores aprobados			Valores previos (***)
		kWh E.primaria renovable / kWh E. final	kWh E.primaria no renovable / kWh E. final	kWh E.primaria total / kWh E. final	kWh E.primaria / kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,396	2,007	2,403	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,414	1,954	2,368	2,61
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,075	2,937	3,011	3,35
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,082	2,968	3,049	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,070	2,924	2,994	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,072	2,718	2,790	
Gasóleo calefacción	(***)	0,003	1,179	1,182	1,08
GLP	(***)	0,003	1,201	1,204	1,08
Gas natural	(***)	0,005	1,190	1,195	1,01
Carbón	(***)	0,002	1,082	1,084	1,00
Biomasa no densificada	(***)	1,003	0,034	1,037	
Biomasa densificada (pelets)	(***)	1,028	0,085	1,113	



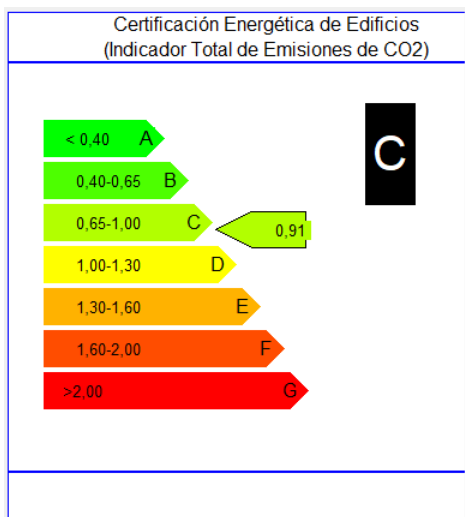
Tabla 4.2. Factores de emisiones de CO₂ [40]

Factores de emisiones de CO ₂			
	Fuente	Valores aprobados	Valores previos (****)
		kg CO ₂ /kWh E. final	kg CO ₂ /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,357	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,331	0,649
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,833	0,981
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,932	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,776	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,721	
Gasóleo calefacción	(***)	0,311	0,287
GLP	(***)	0,254	0,244
Gas natural	(***)	0,252	0,204
Carbón	(***)	0,472	0,347
Biomasa no densificada	(***)	0,018	neutro
Biomasa densificada (pelets)	(***)	0,018	neutro

4.3. Indicadores

➤ Calificación energética global

La calificación energética global obtenida en emisiones del caso base ha sido una C.

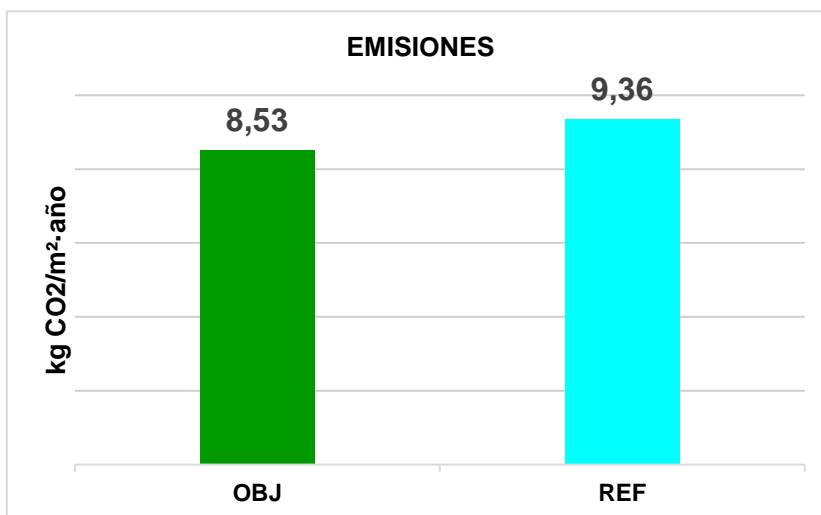


CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS				
Indicadores	OBJ	REF	IND	CAL
Demanda Calefacción: (kWh/m ²)	90,2	58,8	1,53	E
Demanda Refrigeración: (kWh/m ²)	44,8	35,3	1,27	D
Climatización: (kg CO ₂ /m ²)	5,4	5,4	1,02	D
Agua Caliente Sanitaria: (kg CO ₂ /m ²)	0,2	0,4	0,60	B
Iluminación: (kg CO ₂ /m ²)	2,8	3,6	0,78	C
Total: (kg CO₂/m²)	8,5	9,4	0,91	C

OBJ: Edificio objeto de calificación.
REF: Valores para el edificio de referencia para la comparación.
IND: Valor del indicador.
CAL: Letra asignada al indicador para su calificación.

➤ Calificaciones energéticas parciales

EMISIONES				
	OBJ	REF	IND	CALLIFICACIÓN
Climatización	5,49	5,40	1,02	D
Agua Caliente Sanitaria	0,22	0,36	0,60	B
Iluminación	2,82	3,60	0,78	C
TOTAL	8,53	9,36	0,91	C



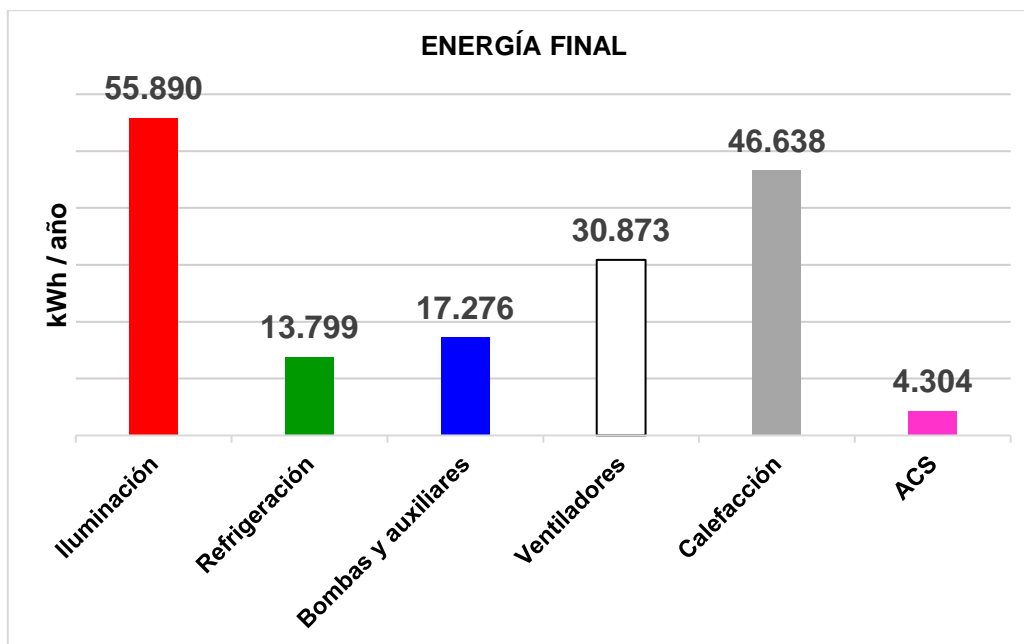
➤ Demanda energética

Las calificaciones en demandas de calefacción y refrigeración han sido una E y una D respectivamente.

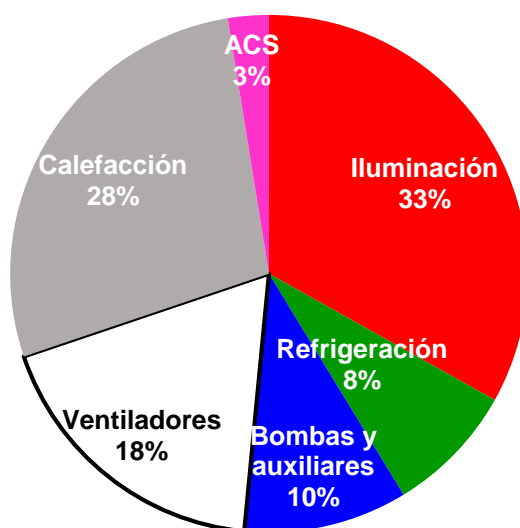
	OBJ	REF	IND	CALLIFICACIÓN
Demanda Calefacción	90,20	58,80	1,53	E
Demanda Refrigeración	44,80	35,30	1,27	D

4.4. Consumo de energía

- Resultados anuales
 - Consumo de energía final



ENERGÍA FINAL	kWh/año	kWh/m²·año
Iluminación	55.890,10	8,53
Refrigeración	13.799,20	2,11
Bombas y auxiliares	17.275,50	2,64
Ventiladores	30.872,60	4,71
Calefacción	46.637,90	7,12
ACS	4.304,10	0,66
TOTAL	168.779,40	25,77



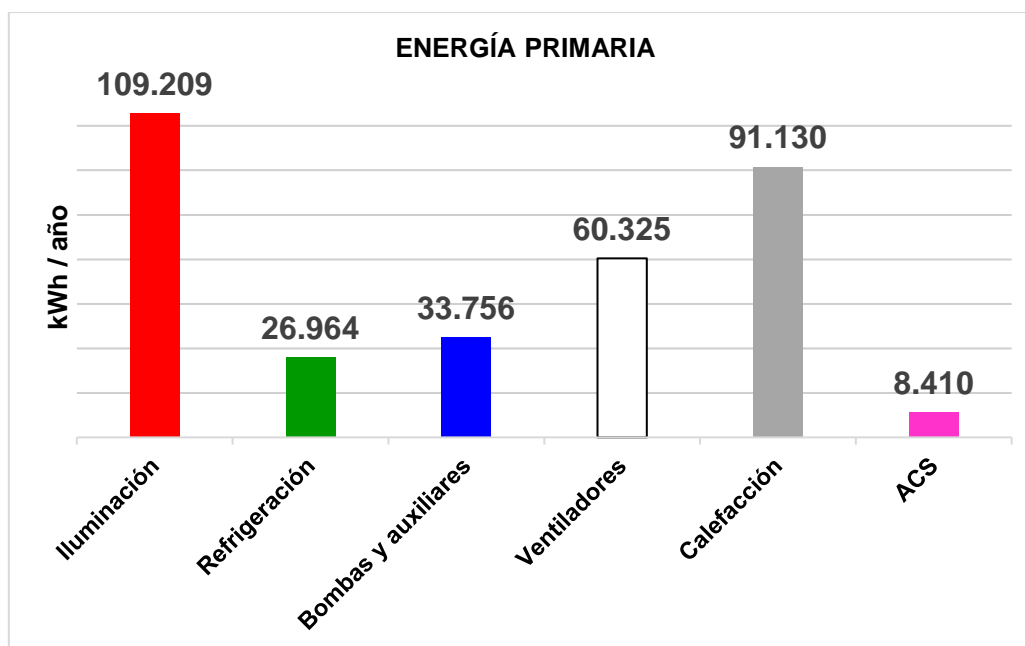
Analizando los resultados, se observa que la mayor parte del consumo se focaliza en la climatización, ya que engloba: el transporte de aire (ventiladores) de impulsión, retorno

y extracción de humos en garajes; el transporte de agua (bombas y auxiliares) en los circuitos de agua caliente y agua fría conectados a los fan-coils; energía térmica (calefacción) y energía frigorífica (refrigeración).

La iluminación supone también un gran consumo del total puesto que se trata de un edificio de oficinas donde hay altos requerimientos en este aspecto.

Por último, el consumo de ACS es mínimo ya que se estima un consumo máximo de 2 litros de agua caliente por persona y día para este tipo de edificaciones y, probablemente, no se alcance nunca esa cantidad. Además, la suposición inicial incluía colectores solares en la cubierta.

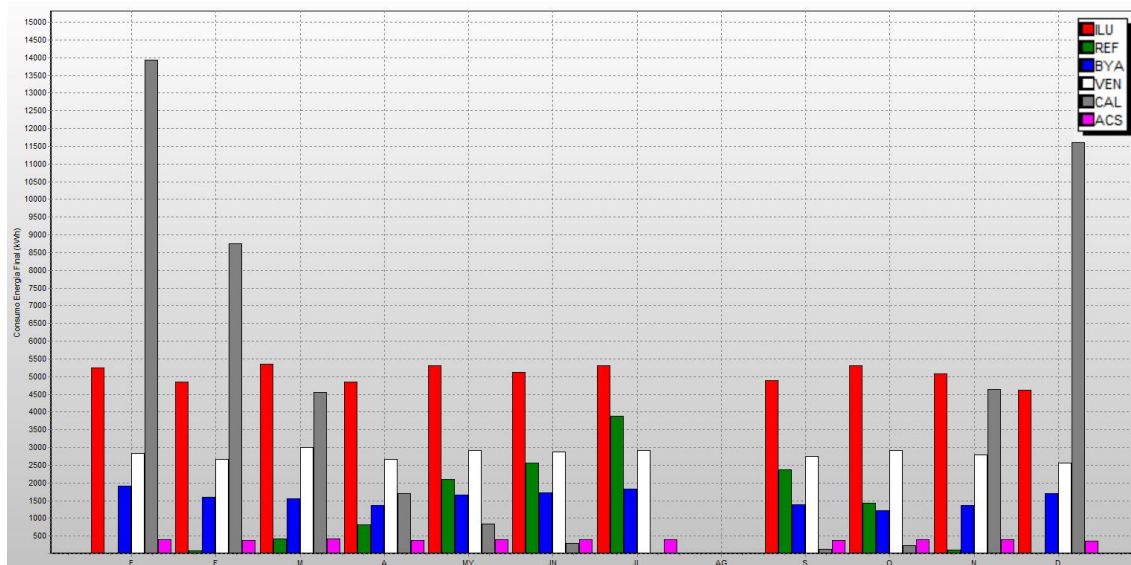
○ Consumo de energía primaria



ENERGÍA PRIMARIA	kWh/año	kWh/m ² ·año
Iluminación	109.209,40	16,67
Refrigeración	26.963,60	4,12
Bombas y auxiliares	33.756,40	5,15
Ventiladores	60.325,00	9,21
Calefacción	91.130,40	13,91
ACS	8.410,20	1,28
TOTAL	329.795,00	50,35

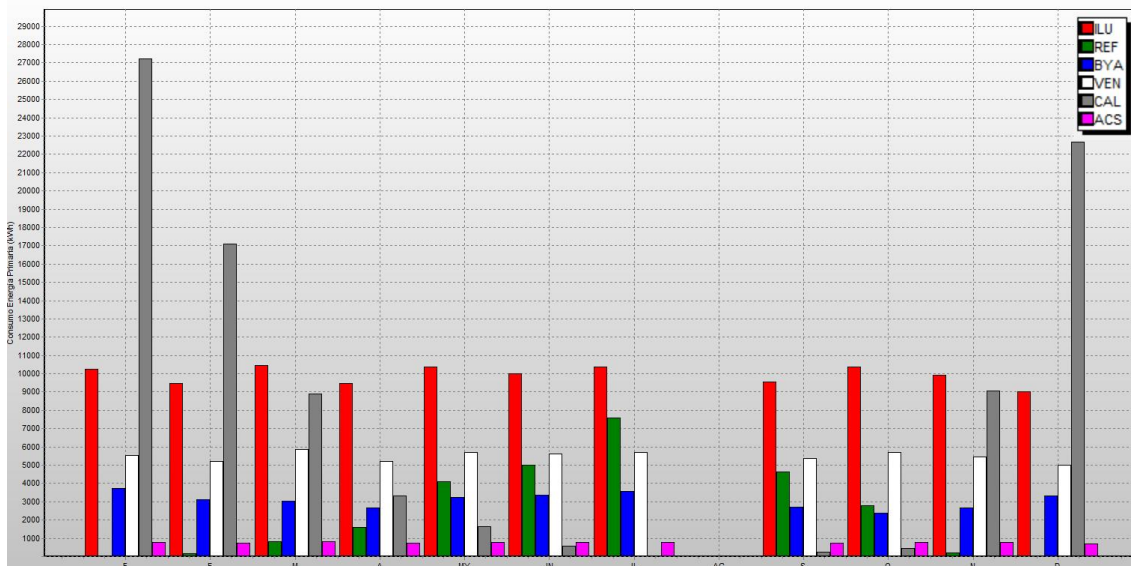


- Resultados mensuales
 - Consumo de energía final



	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL
Iluminación	5241,8	4840,0	5359,2	4840,0	5300,5	5129,0	5300,5	0,0	4898,7	5300,5	5070,2	4609,7	55890,1
Refrigeración	23,3	83,9	416,1	824,4	2101,7	2559,1	3889,5	0,0	2371,0	1424,7	101,7	3,9	13799,2
Bombas y Auxiliares	1901,6	1585,5	1546,2	1366,5	1661,0	1723,6	1834,8	0,0	1380,5	1219,2	1359,9	1696,7	17275,5
Ventiladores	2825,4	2674,4	2991,7	2674,4	2908,6	2874,7	2908,6	0,0	2757,6	2908,6	2791,5	2557,3	30872,6
Calefacción	13924,8	8743,2	4556,6	1699,4	836,9	303,4	0,0	0,0	117,0	227,0	4630,5	11598,9	46637,9
ACS	395,0	371,9	415,0	372,4	403,9	397,8	403,3	13,3	381,7	403,8	388,4	357,7	4304,1
TOTAL	24311,8	18298,9	15284,8	11777,1	13212,6	12987,6	14336,6	13,3	11906,5	11483,6	14342,2	20824,4	168779,4

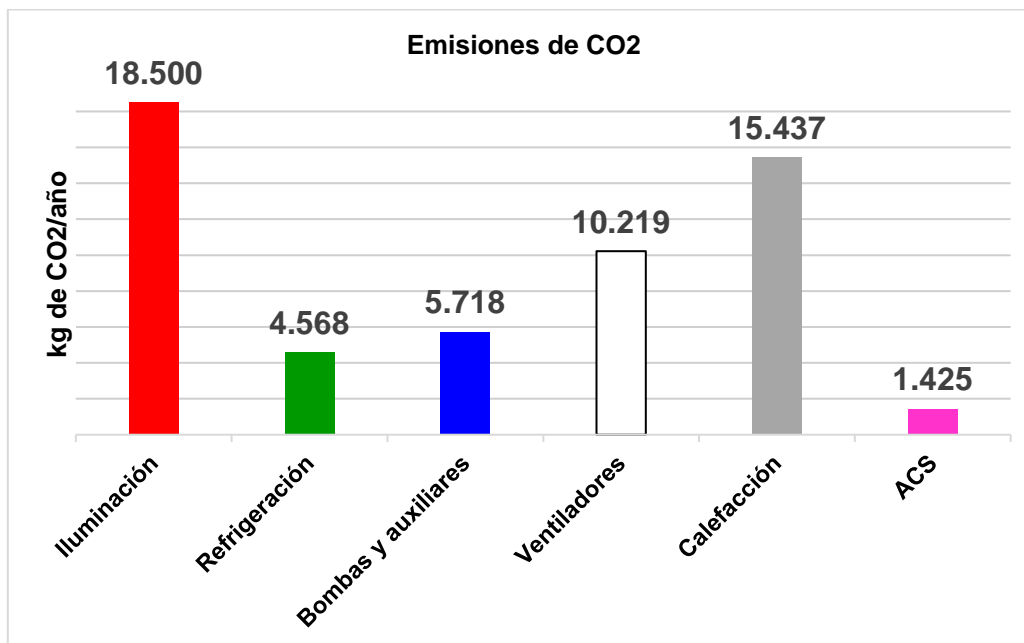
- Consumo de energía primaria



	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL
Iluminación	10242,4	9457,3	10471,9	9457,3	10357,2	10022,0	10357,2	0,0	9572,1	10357,2	9907,3	9007,4	109209,4
Refrigeración	45,5	164,0	813,1	1610,9	4106,7	5000,4	7600,0	0,0	4632,9	2783,8	198,6	7,7	26963,6
Bombas y Auxiliares	3715,8	3098,1	3021,2	2670,2	3245,6	3368,0	3585,1	0,0	2697,4	2382,2	2657,3	3315,4	33756,4
Ventiladores	5520,8	5225,8	5845,9	5225,8	5683,3	5617,1	5683,3	0,0	5388,3	5683,3	5454,5	4997,0	60325,0
Calefacción	27209,0	17084,2	8903,6	3320,7	1635,4	592,9	0,0	0,0	228,7	443,6	9048,0	22664,3	91130,4
ACS	771,9	726,6	810,9	727,6	789,2	777,3	788,1	26,1	745,8	789,0	758,9	699,0	8410,2
TOTAL	47505,3	35756,0	29866,6	23012,4	25817,4	25377,8	28013,7	26,1	23265,2	22439,0	28024,6	40690,8	329794,8

4.5. Emisiones de CO₂

➤ Resultados anuales

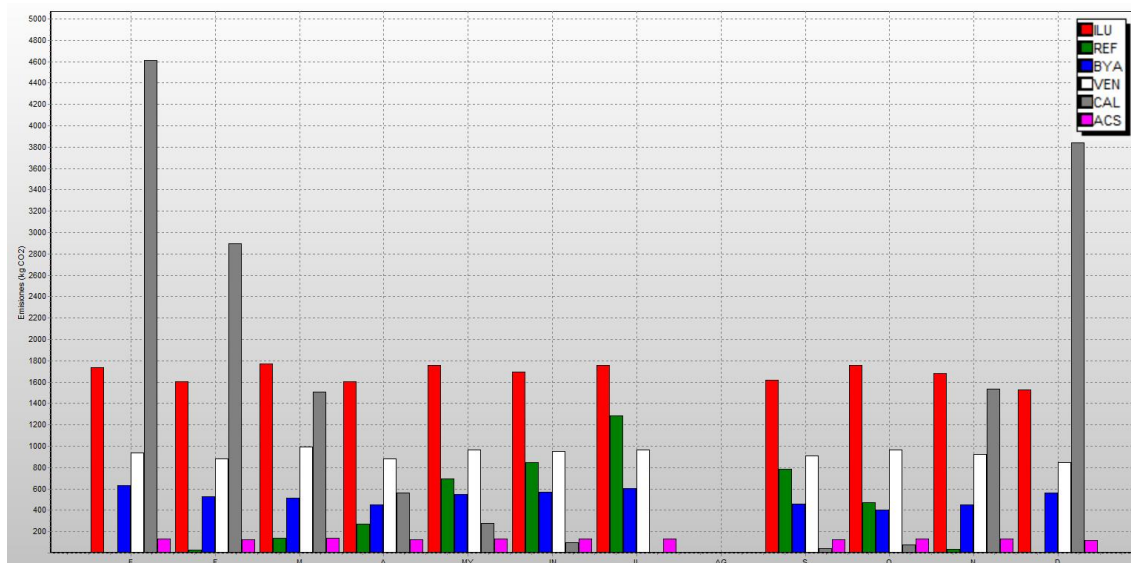


EMISIONES	kg de CO ₂ /año	kg de CO ₂ /m ² ·año
Iluminación	18.499,60	2,82
Refrigeración	4.567,50	0,70
Bombas y auxiliares	5.718,20	0,87
Ventiladores	10.218,80	1,56
Calefacción	15.437,10	2,36
ACS	1.424,70	0,22
TOTAL	55.865,90	8,53

Dado que la fuente de energía del edificio inicial es 100% eléctrica, solo se ha empleado un coeficiente de paso para transformar la energía final a emisiones de CO₂.



➤ Resultados mensuales



	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL
Iluminación	1735,0	1602,0	1773,9	1602,0	1754,5	1697,7	1754,5	0,0	1621,5	1754,5	1678,3	1525,8	18499,6
Refrigeración	7,7	27,8	137,7	272,9	695,7	847,1	1287,4	0,0	784,8	471,6	33,6	1,3	4567,5
Bombas y Auxiliares	629,4	524,8	511,8	452,3	549,8	570,5	607,3	0,0	456,9	403,5	450,1	561,6	5718,2
Ventiladores	935,2	885,2	990,3	885,2	962,7	951,5	962,7	0,0	912,8	962,7	924,0	846,5	10218,8
Calefacción	4609,1	2894,0	1508,2	562,5	277,0	100,4	0,0	0,0	38,7	75,1	1532,7	3839,2	15437,1
ACS	130,8	123,1	137,4	123,3	133,7	131,7	133,5	4,4	126,3	133,7	128,5	118,4	1424,7
TOTAL	8047,2	6056,9	5059,3	3898,2	4373,4	4298,9	4745,4	4,4	3941,0	3801,1	4747,3	6892,9	55866,0



5. PROPUESTAS DE MEJORA

El objetivo de las propuestas de mejora es reducir los consumos de energía final del edificio implementando técnicas de eficiencia energética. Esta reducción implica un descenso en las emisiones de CO₂ que hace que mejore la clase energética.

Para incidir sobre los consumos de calefacción y refrigeración, se pueden adoptar medidas pasivas como primera opción, adicionando aislamiento térmico en las fachadas exteriores y cubiertas, sustituyendo los marcos y vidrios por otros con menor conductividad térmica y diferente factor solar en función de las necesidades, instalación de elementos de protección solar, aumentando la ventilación... Como segunda opción, se pueden adoptar medidas activas modificando las instalaciones de climatización por otras que empleen combustibles más eficientes o con mejores rendimientos. Las medidas activas, por lo general, tienen asociada una mayor inversión, pero también una reducción considerable de los consumos energéticos.

En cuanto a la iluminación, la opción de mejora de la eficiencia energética hoy en día, pasa por la sustitución de las luminarias instaladas por sus equivalentes con sistema LED.

Como última opción, se debe analizar la posibilidad del empleo de las energías renovables como fuente de energía para satisfacer parcial o totalmente la demanda de energía solicitada por el edificio. Este proyecto está centrado en la viabilidad de mejoras de la situación inicial del edificio, por lo que no se ha analizado la inclusión de nuevas instalaciones de generación de energía eléctrica.

La solución idónea es aplicar una mejora conjunta, que implique modificaciones activas y pasivas, aunque esto no siempre sea posible ya que es imprescindible conseguir un ahorro económico por parte del consumidor que lo motive a reducir las emisiones de CO₂, lo que hace imprescindible que exista rentabilidad en la inversión.

Las premisas económicas utilizadas para transformar el ahorro energético logrado mediante las mejoras han sido:

- Precio medio de la energía eléctrica estimado de 0,12 €/kWh, según estudio de Eurostat que analiza los precios de países europeos.
- Precio medio de la energía por consumo de pellet certificado A1 a granel de 0,0375 €/kWh, según informe publicado por el IDAE para el tercer trimestre del 2018.

Para el cálculo de presupuestos se ha empleado la herramienta Generador de Precios de CYPE Ingenieros S.A. y fuentes propias.

La adopción de unas mejoras u otras va a depender principalmente de cuál sea el tipo de uso de la edificación, ya que los focos de consumo varían considerablemente.

5.1. Mejoras relacionadas con la envolvente térmica

En el caso del proyecto concreto, los cerramientos del edificio están provistos de aislamientos térmicos en sus capas internas, aunque pueden mejorarse.

Por lo tanto, una de las mejoras propuestas que no supondría a priori una inversión demasiado elevada, sería la disminución de la transmitancia térmica de los muros de fachada que dan al exterior y los de la cubierta.

En cuanto a los huecos de fachada, ya se dispone de vidrios con buenas prestaciones térmicas y, dado que gran parte de la fachada exterior se resuelve con muro cortina de vidrio, cualquier sustitución de vidrios y/o marcos de ventanas tendría un elevado coste sin rentabilidad.

5.1.1. Mejora 1: Empleo de poliestireno extruido en fachada y cubierta

➤ Resumen de la mejora

El ahorro económico en energía consecuencia de la mejora es de **545,63 €/año**, amortizando la inversión en **12,26 años**.

La reducción sobre el consumo de energía final total ha sido de un **2,69%** traducidos en **4.546,90 kWh** menos al año.

La reducción sobre el consumo de energía final de calefacción ha sido de un **11,44%** traducidos en **5.336,10 kWh** menos al año.

La reducción sobre el consumo de energía final de bombas y auxiliares ha sido de un **0,38%** traducidos en **65,00 kWh** menos al año.

Se evita la emisión a la atmósfera **1,50 ton CO₂** al año.

Se evidencian aumentos de consumo en:

Refrigeración: 6,19% (854,20 kWh/año)

➤ Descripción de la mejora

El poliestireno expandido o XPS es un material aislante con altas calidades térmicas empleado en construcción, con una conductividad térmica muy baja (valores en torno a 0,03 W/mK) y reducida absorción de agua, lo que hace que sea una buena solución ante las humedades.

Este método suele emplearse en fachadas que no disponen, en su estado original, de ninguna clase de aislante térmico.

Las características del material empleado para la simulación en Calener GT han sido:

Tabla 5.1. Características XPS

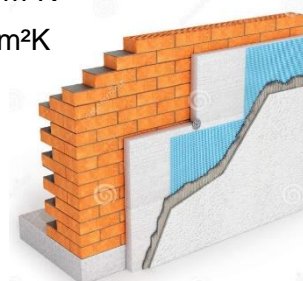
MATERIAL	Espesor (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)	R (m ² K/W)
XPS Expandido CO ₂ [0,034 W/[mK]]	0,100	0,034	38	1.000	

Con esta modificación disminuyen las transmitancias térmicas:

Fachada M1: $U_{\text{ORIGINAL}} = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow U_{\text{MODIFICADA}} = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$

Cubierta C1: $U_{\text{ORIGINAL}} = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow U_{\text{MODIFICADA}} = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ilustración 5.1. Esquema de composición de capas de una fachada tras agregar aislante térmico [41]



Mejora 1: Empleo de poliestireno extruido en fachada y cubierta

➤ Comparación de resultados

- Calificaciones energéticas parciales y global

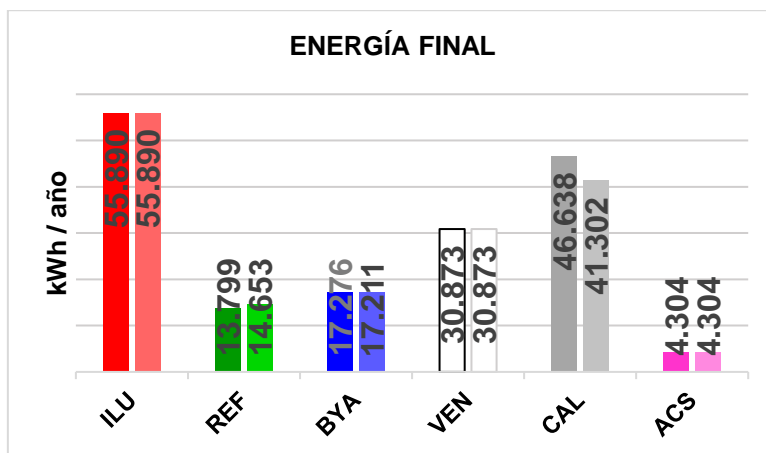
		O OB	M OB	O RE	M RE	O IN	M IN	% DIF. IN	CAL O	CAL M
CLI	(kg de CO ₂)/m ²	5,49	5,26	5,40	5,40	1,02	0,97	-4,19%	D	C
ACS		0,22	0,22	0,36	0,36	0,60	0,60	0,00%	B	B
ILU		2,82	2,82	3,60	3,60	0,78	0,78	0,00%	C	C
TOTAL		8,53	8,30	9,36	9,36	0,91	0,89	-2,69%	C	C

O: original; M: modificado; OB: objeto; RE: referencia; IN: indicador; CAL: calificación

- Consumos de energía final y emisiones de CO₂

	ENERGÍA FINAL kWh/año			EMISIONES kg de CO ₂ /año			% DIF.
	O	M	DIF.	O	M	DIF.	
ILU	55.890,10	55.890,10	0,00	18.499,60	18.499,60	0,00	0,00%
REF	13.799,20	14.653,40	854,20	4.567,50	4.850,30	282,80	6,19%
BYA	17.275,50	17.210,50	-65,00	5.718,20	5.696,70	-21,50	-0,38%
VEN	30.872,60	30.872,60	0,00	10.218,80	10.218,80	0,00	0,00%
CAL	46.637,90	41.301,80	-5.336,10	15.437,10	13.670,90	-1.766,20	-11,44%
ACS	4.304,10	4.304,10	0,00	1.424,70	1.424,70	0,00	0,00%
TOTAL	168.779,40	164.232,50	-4.546,90	55.865,90	54.361,00	-1.504,90	-2,69%

O: original; M: modificado



- Gasto económico en energía

	O kWh	€ O	M kWh	€ M	€ DIF.
ILU	55.890,10	6.706,81 €	55.890,10	6.706,81 €	0,00 €
REF	13.799,20	1.655,90 €	14.653,40	1.758,41 €	102,50 €
BYA	17.275,50	2.073,06 €	17.210,50	2.065,26 €	-7,80 €
VEN	30.872,60	3.704,71 €	30.872,60	3.704,71 €	0,00 €
CAL	46.637,90	5.596,55 €	41.301,80	4.956,22 €	-640,33 €
ACS	4.304,10	516,49 €	4.304,10	516,49 €	0,00 €
TOTAL	168.779,40	20.253,53 €	164.232,50	19.707,90 €	-545,63 €

O: original; M: modificado; ; ELEC: 0,12 € / kWh



➤ Presupuesto Mejora 1:

NAQ010 m² Aislamiento térmico por el exterior de cubiertas planas y fachadas.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1	Materiales				
600		Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 100 mm de espesor, resistencia a compresión ≥ 250 kPa, resistencia térmica $3,13 \text{ m}^2\text{K/W}$, conductividad térmica $0,034 \text{ W/(mK)}$, Euroclase E de reacción al fuego, con código de designación XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)250-DLT(2)5-DS(TH)-WL(T)0,7.	1,050	2,52	1590,00
600		Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie grecada y mecanizado lateral a media madera, de 100 mm de espesor, resistencia térmica $3,13 \text{ m}^2\text{K/W}$, conductividad térmica $0,034 \text{ W/(mK)}$.	1,050	3,07	1932,00
600		Fijación mecánica para paneles aislantes de poliestireno extruido, colocados directamente sobre la superficie soporte.	6,000	0,17	612,00
600		Fijación mecánica para paneles aislantes de poliestireno extruido, colocados directamente sobre la superficie soporte.	2,500	0,17	258,00
Subtotal materiales:					4392,00
2	Mano de obra				
		Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,153	18,51	1132,00
		Ayudante montador de aislamientos.	0,153	16,95	1036,00
Subtotal mano de obra:					2168,00
3	Costes directos complementarios				
%		Costes directos complementarios	2,000	6560,00	131,20
Costes directos (1+2+3):					6691,20

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 13164:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno extruido (XPS). Especificación.	1072015	1072016	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones



5.2. Mejoras relacionadas con las instalaciones de climatización

Dado de uno de los principales consumos del edificio es debido a la calefacción, se ha estudiado la modificación de las instalaciones.

Por una parte, se analiza un cambio integral en el sistema de climatización, enfocado a una fase previa a la construcción del edificio y por otra, una modificación de la instalación generadora de calor actual, empleada para la calefacción.

5.2.1. Mejora 2: Cambio del sistema de climatización actual por otro del tipo VRF

➤ Resumen de la mejora

El ahorro económico en energía consecuencia de la mejora es de **8.358,72 €/año**, amortizando la inversión en **21,82 años**. Esta mejora solo sería viable en la fase de diseño de las instalaciones de un nuevo proyecto de ejecución.

La reducción sobre el consumo de energía final total ha sido de un **41,27%** traducidos en **69.656,00 kWh** menos al año.

La reducción sobre el consumo de energía final de refrigeración ha sido de un **15,09%** traducidos en **2.082,50 kWh** menos al año.

La reducción sobre el consumo de energía final de calefacción ha sido de un **64,52%** traducidos en **30.092,50 kWh** menos al año.

La reducción sobre el consumo de energía final de bombas ya auxiliares ha sido de un **100%** traducidos en **17.275,50 kWh** menos al año.

La reducción sobre el consumo de energía final de ventiladores ha sido de un **65,45%** traducidos en **20.205,50 kWh** menos al año.

Se evita la emisión a la atmósfera **23,06 ton CO2** al año.

No se evidencian aumentos de consumo.

➤ Descripción de la mejora

Esta propuesta está enfocada a una fase de diseño de un nuevo proyecto debido a la elevada inversión que se debe realizar. Se expone dada la importante reducción sobre el consumo en climatización que supone frente al sistema de partida.

Este sistema de climatización propuesto es de tipo autónomo mediante unidades terminales VRF (variant refrigerant flow) o VRV (volumen de refrigerante variable). Este sistema incluye, generalmente, una o más unidades exteriores provistas de un compresor inverter (expansión directa), que se conectan a múltiples unidades interiores. Son capaces de generar, al mismo tiempo, frío y calor utilizando R410 como fluido refrigerante. A diferencia del sistema original que debe emplear dos circuitos independientes dependiendo de si las unidades interiores demandan calefacción o refrigeración, el sistema VRV utiliza el mismo conducto independientemente de la solicitud. El sistema está basado en la compresión y expansión del fluido refrigerante para alcanzar la temperatura requerida por las unidades terminales.

En el caso concreto del proyecto, las unidades exteriores a instalar son del fabricante Mitsubishi Electric: una máquina PURY-P200YGM-A para abastecer las necesidades de la planta Sótano-1, dos máquinas PURY-P350YGM-A para las plantas Baja y Primera y otra máquina PURY-P400YGM-A para la planta Segunda. Las máquinas exteriores se conectan debidamente a las unidades interiores instaladas en cada zona dispuestas en función de la capacidad necesaria. Conectadas a las unidades interiores se encuentran los controladores de caudal de refrigerante BC (branch controller). Estas unidades demandan la cantidad necesaria de refrigerante en fase gas (calefacción) y en fase

líquida (refrigeración) a las máquinas exteriores y, cuando reciben la mezcla de gas y líquido por la tubería de alta presión (la única necesaria), separan dichos fluidos en función de las solicitudes de cada zona para proporcionar calor o frío.

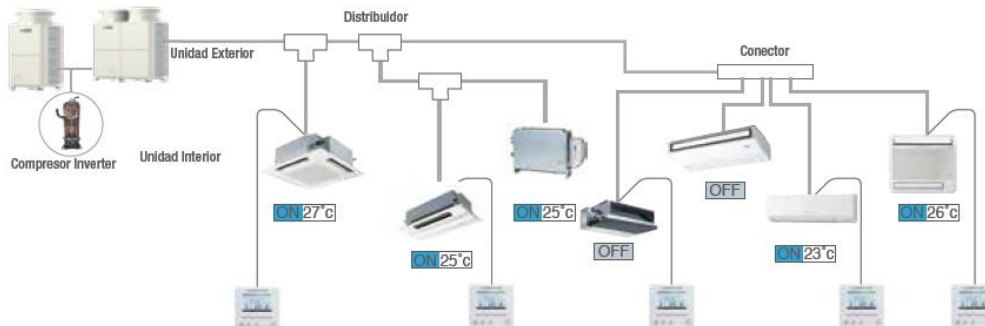


Ilustración 5.2. Esquema de instalación VRF [42]

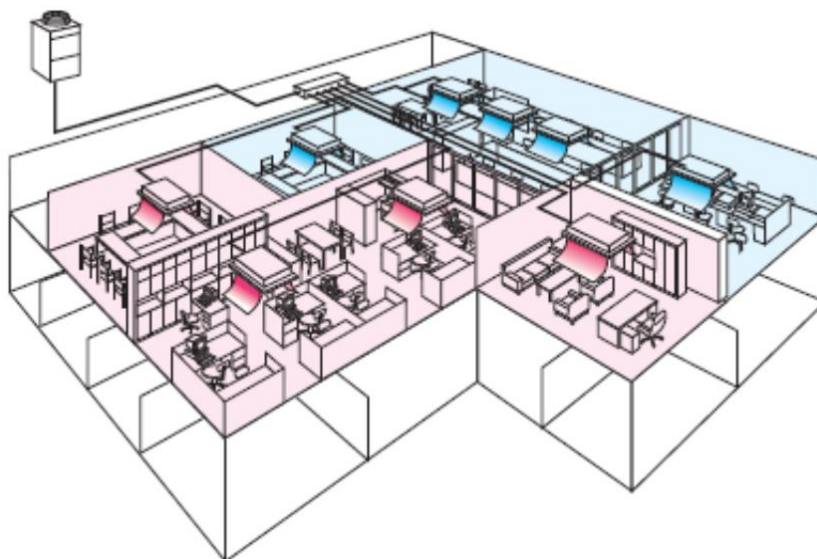


Ilustración 5.3. Unidad exterior proporcionando al mismo tiempo frío y calor mediante la unidad BC [43]

Para definir este tipo de instalación en Calener GT, se debe crear un subsistema secundario para cada tipo de unidad exterior. Para ello, se selecciona el tipo de subsistema de “Autónomo mediante unidades terminales” con “Caudal de refrigerante variable”.

Subsistemas secundarios ? X

Seleccionar Sistema: **PURY-P200YGM-A**

Especificaciones Básicas | Ventiladores | Refrigeración | Calefacción | Control | Técnicas de recuperación

Nombre: **PURY-P200YGM-A**

Tipo de sistema: **Aut. mediante unidades terminales**

Subtipo de sistema: **Caudal refrigerante variable**

Unidad terminal: **n/a**

Parámetros generales

Tipo de retorno: **n/a**

Zona de control: **n/a**

Control de humedad

Tipo: **n/a**

Humedad máxima: **n/a** %

Humedad mínima: **n/a** %

Aceptar

Ilustración 5.4. Especificaciones básicas PURY-P200YGM-A (Calener GT)

Se necesita conocer el COP (Coefficient Of Performance) y el EER (Energy Efficiency Ratio) de las unidades exteriores, situadas en la cubierta del edificio. Dichos parámetros se obtienen de las fichas de especificaciones de las máquinas pudiéndose también calcular a partir de las capacidades de calefacción y refrigeración y de la potencia eléctrica de entrada que éstas requieren.

Tabla 5.2. Especificaciones PURY-P200YGM-A [44]

1. SPECIFICATIONS

R410A Data G2

Model			PURY-P200YGM-A(-BS)	PURY-P250YGM-A(-BS)
Power source			3-phase 4-wire 380-400-415V 50 / 60Hz	
Cooling capacity (Nominal)	#1	kW	22.4	28.0
	#1	kcal / h	19,300	24,100
	#1	Btu / h	76,400	95,500
	#2	kcal / h	20,000	25,000
	Power input	kW	6.14	7.72
Current input			10.3 / 9.8 / 9.4	13.0 / 12.3 / 11.9
COP (kW / kW)			3.65	3.63
Temp. range of cooling	Indoor	W.B.	15 ~ 24°C (59 ~ 75°F)	
	Outdoor	D.B.	- 5 ~ 43°C (23 ~ 109°F)	
Heating capacity (Nominal)	#3	kW	25.0	31.5
	#3	kcal / h	21,500	27,100
	#3	Btu / h	85,300	107,500
	Power input	kW	5.98	7.62
	Current input	A	10.0 / 9.5 / 9.2	12.8 / 12.2 / 11.7
COP (kW / kW)			4.18	4.13
Temp. range of heating	Indoor temp.	D.B.	15 ~ 27°C (59 ~ 81°F)	
	Outdoor temp.	W.B.	- 20 ~ 15.5°C (- 4 ~ 60°F)	
Indoor unit connectable	Total capacity		50 ~ 150% of outdoor unit capacity	
	Model / Quantity		P20 ~ P250 / 1 ~ 15	P20 ~ P250 / 1 ~ 16
Noise level (measured in anechoic room)		dB <A>	56 / 56	57 / 57
Diameter of refrigerant pipe	Liquid (High press.)	mm (in.)	ø15.88 (ø5/8") Brazed	ø19.05 (ø3/4") Brazed
	Gas (Low press.)	mm (in.)	ø19.05 (ø3/4") Brazed	ø22.2 (ø7/8") Brazed

El EER y el COP se obtienen a partir del cociente de la potencia de refrigeración y calefacción de los equipos y la potencia eléctrica que éstos consumen.

A continuación, se indica el cálculo para uno de los equipos:

$$COP_{COOLING} = EER(\text{factor de eficiencia energética en refrigeración}) = \frac{22,4}{6,14} = 3,65$$

$$COP_{HEATING} = COP(\text{factor de eficiencia energética en calefacción}) = \frac{25}{5,98} = 4,18$$

Tabla 5.3. Características unidades exteriores climatización

SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN							
Modelo del equipo	Plantas	Refrigeración			Calefacción		
		Cap. (kW)	Input (kW)	EER	Cap. (kW)	Input (kW)	COP
PURY-P200YGM-A	Sótano-1	22,40	6,14	3,65	25,00	5,98	4,18
PURY-P350YGM-A	Baja	40,00	11,39	3,51	45,00	11,02	4,08
	Primera						
PURY-P400YGM-A	Segunda	45,00	13,42	3,35	50,00	12,43	4,02

En Calener GT se crean los subsistemas secundarios y se introducen los valores de EER y COP en cada uno de ellos.

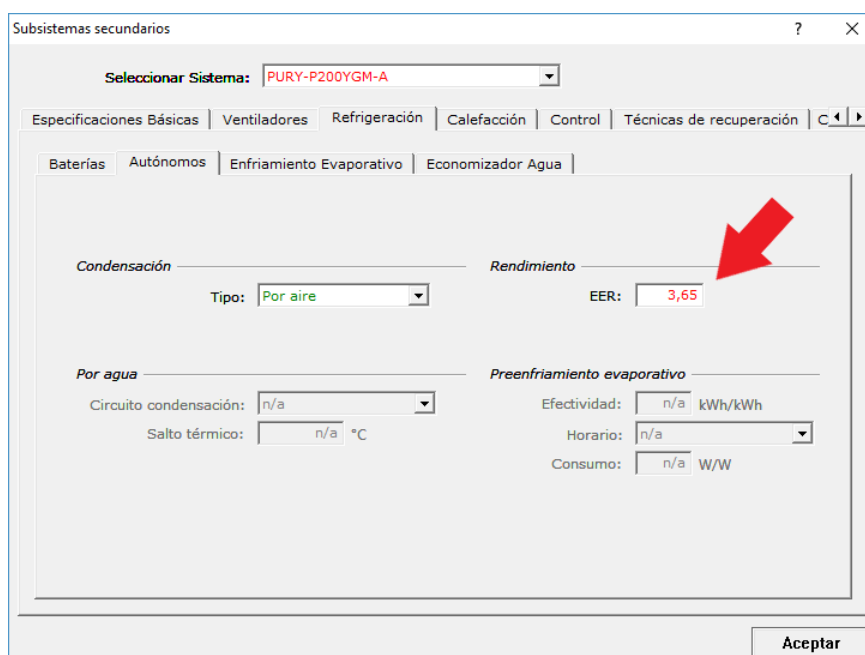


Ilustración 5.5. Introducción EER (Calener GT)

Subsistemas secundarios ? X

Seleccionar Sistema: PURY-P200YGM-A

Especificaciones Básicas | Ventiladores | Refrigeración | Calefacción | Control | Técnicas de recuperación | C | >

Fuentes de calor | Baterías | Precalentamiento/Calef. Auxiliar | Autónomos | Bomba de calor

Rendimiento

COP: 4,18

Generador de aire

Rendimiento térmico: n/a

Consumo auxiliar: n/a kW

Aceptar

Ilustración 5.6. Introducción COP (Calener GT)

Con el fin de analizar la equivalencia entre el sistema original y el propuesto mediante VRV, se han mantenido las capacidades de refrigeración y calefacción de las zonas y los caudales de aire.

Este sistema no requiere el empleo de bombas para la impulsión del agua de los circuitos, por lo que no se han definido.

Mejora 2: Cambio del sistema de climatización actual por otro del tipo VRV

➤ Comparación de resultados

- Calificaciones energéticas parciales y global

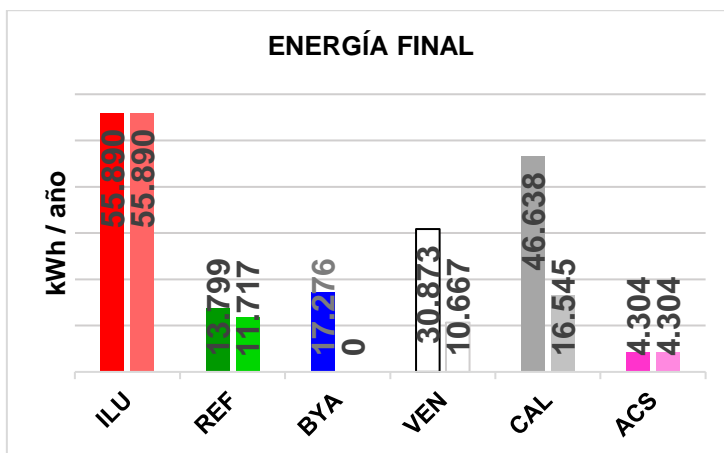
		O OB	M OB	O RE	M RE	O IN	M IN	% DIF. IN	CAL O	CAL M
CLI	(kg de CO ₂)/m ²	5,49	1,97	5,40	5,40	1,02	0,36	-64,15%	D	A
ACS		0,22	0,22	0,36	0,36	0,60	0,60	0,00%	B	B
ILU		2,82	2,82	3,60	3,60	0,78	0,78	0,00%	C	C
TOTAL		8,53	5,01	9,36	9,36	0,91	0,54	-41,27%	C	B

O: original; M: modificado; OB: objeto; RE: referencia; IN: indicador; CAL: calificación

- Consumos de energía final y emisiones de CO₂

	ENERGÍA FINAL kWh/año			EMISIONES kg de CO ₂ /año			% DIF.
	O	M	DIF.	O	M	DIF.	
ILU	55.890,10	55.890,10	0,00	18.499,60	18.499,60	0,00	0,00%
REF	13.799,20	11.716,70	-2.082,50	4.567,50	3.878,20	-689,30	-15,09%
BYA	17.275,50	0,00	-17.275,50	5.718,20	0,00	-5.718,20	-100,00%
VEN	30.872,60	10.667,10	-20.205,50	10.218,80	3.530,80	-6.688,00	-65,45%
CAL	46.637,90	16.545,40	-30.092,50	15.437,10	5.476,50	-9.960,60	-64,52%
ACS	4.304,10	4.304,10	0,00	1.424,70	1.424,70	0,00	0,00%
TOTAL	168.779,40	99.123,40	-69.656,00	55.865,90	32.809,80	-23.056,10	-41,27%

O: original; M: modificado



- Gasto económico en energía

	O kWh	€ O	M kWh	€ M	€ DIF.
ILU	55.890,10	6.706,81 €	55.890,10	6.706,81 €	0,00 €
REF	13.799,20	1.655,90 €	11.716,70	1.406,00 €	-249,90 €
BYA	17.275,50	2.073,06 €	0,00	0,00 €	-2.073,06 €
VEN	30.872,60	3.704,71 €	10.667,10	1.280,05 €	-2.424,66 €
CAL	46.637,90	5.596,55 €	16.545,40	1.985,45 €	-3.611,10 €
ACS	4.304,10	516,49 €	4.304,10	516,49 €	0,00 €
TOTAL	168.779,40	20.253,53 €	99.123,40	11.894,81 €	-8.358,72 €

O: original; M: modificado; ; ELEC: 0,12 € / kWh



ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA DE UN EDIFICIO DE OFICINAS

➤ Presupuesto Mejora 2:

Ud Sistema de aire acondicionado autónomo mediante unidades terminales y caudal de refrigerante variable.

Código	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1	Materiales			
1	Unidad exterior PURY-P200YGM-A "MITSUBISHI ELECTRIC" potencia frigorífica nominal 22,4 kW, EER = 3,65, consumo eléctrico nominal en refrigeración 6,14 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en refrigeración desde -5 hasta 46°C, potencia calorífica nominal 25 kW, COP = 4,18, consumo eléctrico nominal en calefacción 5,98 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en calefacción desde -20 hasta 15,5°C	1,000	11513,00	11513,00
2	Unidad exterior PURY-P350YGM-A "MITSUBISHI ELECTRIC" potencia frigorífica nominal 40 kW, EER = 3,51, consumo eléctrico nominal en refrigeración 11,39 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en refrigeración desde -5 hasta 46°C, potencia calorífica nominal 45 kW, COP = 4,08, consumo eléctrico nominal en calefacción 11,02 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en calefacción desde -20 hasta 15,5°C	1,000	15191,08	30382,16
1	Unidad exterior PURY-P400YGM-A "MITSUBISHI ELECTRIC", potencia frigorífica nominal 45 kW, EER = 3,35, consumo eléctrico nominal en refrigeración 13,42 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en refrigeración desde -5 hasta 46°C, potencia calorífica nominal 50 kW, COP = 3,35, consumo eléctrico nominal en calefacción 12,43 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en calefacción desde -20 hasta 15,5°C	1,000	17137,10	17137,10
9	Unidad interior PLFY-P25VLMD-E "MITSUBISHI ELECTRIC", potencia frigorífica nominal 2,8 Kw, potencia calorífica nominal 3,2 kW	1,000	1769,00	15921,00
5	Unidad interior PLFY-P50VLMD-E "MITSUBISHI ELECTRIC" potencia frigorífica nominal 5,6 kW, potencia calorífica nominal 6,3 kW	1,000	2021,00	10105,00
2	Unidad interior PLFY-P63VLMD-E "MITSUBISHI ELECTRIC", potencia frigorífica nominal 7,1 kW, potencia calorífica nominal 8 kW	1,000	2161,00	4322,00
2	Unidad interior PEFY-P71VMA-E "MITSUBISHI ELECTRIC", potencia frigorífica nominal 8 kW, potencia calorífica nominal 9 kW	1,000	2408,00	4816,00
5	Unidad interior PLFY-P100VLMD-E "MITSUBISHI ELECTRIC", potencia frigorífica nominal 11,2 kW, potencia calorífica nominal 12,5 kW	1,000	3074,00	15370,00
4	Controlador BC, para sistema aire-aire multi-split, con caudal variable de refrigerante, para gas R-410A, para conexión de unidad exterior con recuperación de calor, sistema de dos tubos, a 4 unidades interiores, gama City Multi, modelo CMB-P104V-G1 "MITSUBISHI ELECTRIC", con separador de fases líquido/gas, reductores de conexión y manguito de drenaje flexible con aislamiento, alimentación monofásica a 230 V, peso 24 kg, dimensiones 648x432x284 mm.	1,000	6610,00	26440,00
14	Recuperador de calor aire-aire, con intercambiador de flujo cruzado	1,000	1673,60	23430,40
23	Kit de soportes para suspensión del techo	1,000	22,00	506,00
23	Control remoto por cable, conectable al bus M-Net, gama Melans, modelo PAR-U02MEDA-J "MITSUBISHI ELECTRIC", 140x25x120 mm, con pantalla táctil LCD retroiluminada con matriz de puntos, sonda de temperatura ambiente, función de doble temperatura de consigna, función marcha/paro, configuración de la temperatura de consigna y 8 acciones programables para cada día de la semana.	1,000	320,00	7360,00
60	Tubo rígido de PVC, enchufable, curvable en caliente	3,000	0,85	153,00
60	Cable bus de comunicaciones, de 2 hilos, de 0,5 mm² de sección por hilo.	3,000	3,00	540,00
		Subtotal materiales:		167995,66
2	Mano de obra			
	Oficial 1ª instalador de climatización.	7,659	18,51	5670,80
	Ayudante instalador de climatización.	7,659	16,92	5183,60
		Subtotal mano de obra:		10854,40
3	Costes directos complementarios			
	Costes directos complementarios	2,000	178850,06	3577,00
		Costes directos (1+2+3):		182427,06

5.2.2. Mejora 3: Cambio de la caldera eléctrica actual para climatización por una de biomasa

➤ Resumen de la mejora

El ahorro económico en energía consecuencia de la mejora es de **3.212,12 €/año** debidos al menor coste del combustible empleado en calefacción, amortizando la inversión en **9,23 años**.

Se evita la emisión a la atmósfera de **14,24 ton CO₂** al año.

Se evidencian aumentos de consumo en:

Calefacción: 35,35% (16.487,00 kWh/año)

➤ Descripción de la mejora

Se propone sustituir la caldera eléctrica actual por una con la misma capacidad (180 kW) que utiliza como combustible la biomasa, proporcionando energía térmica al circuito de agua caliente conectado a los fan-coils. Esta solución permite mantener la planta enfriadora, al disponer de dos circuitos de agua independientes

La caldera de biomasa empleada sería del fabricante Herz, modelo Herz Firematic 180. Es una caldera compacta de menos de 2m de ancho y 2m de alto que debe disponer, preferiblemente, de una zona donde acumular el combustible que se emplee.

Por lo tanto, dadas sus dimensiones y requerimientos, sería una opción viable ya que el cuarto de instalaciones del edificio se ubica en la planta Sótano -2, destinada al aparcamiento. El almacén de combustible podría ubicarse en un espacio contiguo sin afectar a las demás zonas de la edificación.

El principio de funcionamiento de este tipo de calderas, en este caso, sería intercambiar calor mediante una corriente procedente de la combustión, que atraviesa el serpentín del circuito de agua de calefacción.

El funcionamiento está totalmente automatizado y se puede controlar remotamente mediante dispositivos electrónicos. Es por esto por lo que sigue habiendo un pequeño consumo de electricidad en la caldera.

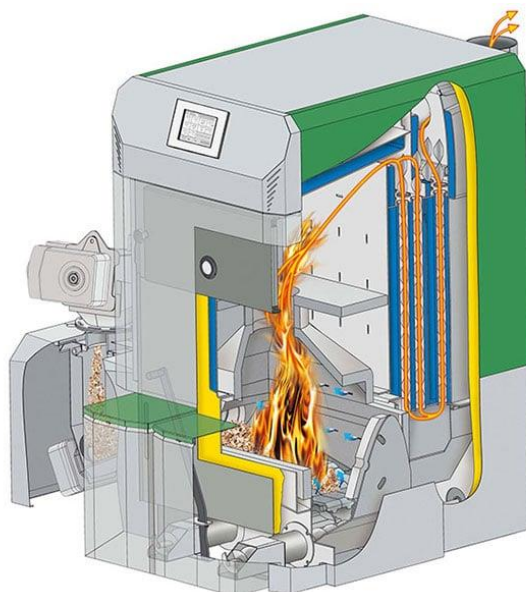


Ilustración 5.7. Caldera de biomasa Herz Firematic [45]

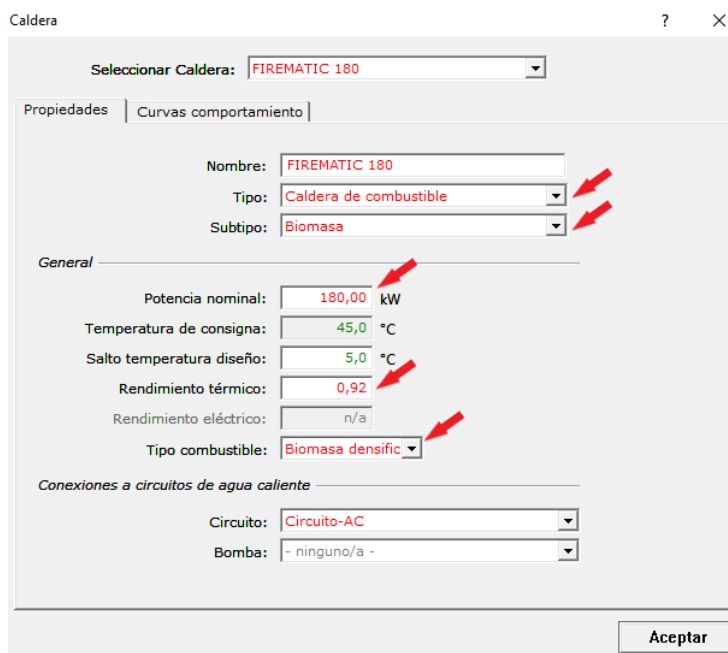
El interés por este tipo de calderas viene debido al tipo de combustible que emplean, por su precio y reducidas emisiones de CO₂.

En este caso se utilizarían pellets de madera a granel con Certificación A1, compuesto por serrín compactado. Su precio se ha mantenido muy constante a lo largo de los años frente a los demás tipos de combustibles.



Ilustración 5.8. Aspecto pellet con Certificación A1 [46]

Para la simulación en Calener GT, se han mantenido todos los parámetros definidos previamente a excepción de la caldera, definiendo una nueva de tipo “Caldera de combustible”, subtipo “Biomasa”, tipo de combustible “Biomasa densificada”, potencia nominal de 180 kW y estimando un rendimiento del 92%.



Caldera

Selecciónar Caldera: FIREMATIC 180

Propiedades | Curvas comportamiento

Nombre: FIREMATIC 180

Tipo: Caldera de combustible

Subtipo: Biomasa

General

Potencia nominal: 180,00 kW

Temperatura de consigna: 45,0 °C

Salto temperatura diseño: 5,0 °C

Rendimiento térmico: 0,92

Rendimiento eléctrico: n/a

Tipo combustible: Biomasa densific

Conexiones a circuitos de agua caliente

Circuito: Circuito-AC

Bomba: - ninguno/a -

Aceptar

Ilustración 5.9. Definición de caldera de biomasa (Calener GT)

Mejora 3: Cambio de la caldera eléctrica actual para climatización por una de biomasa

➤ Comparación de resultados

- Calificaciones energéticas parciales y global

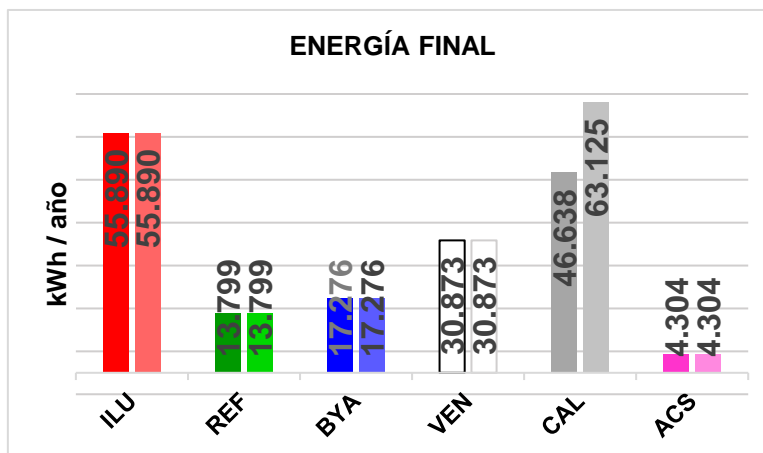
		O OB	M OB	O RE	M RE	O IN	M IN	% DIF. IN	CAL O	CAL M
CLI	(kg de CO ₂)/m ²	5,49	3,31	5,40	5,40	1,02	0,61	-39,61%	D	B
ACS		0,22	0,22	0,36	0,36	0,60	0,60	0,00%	B	B
ILU		2,82	2,82	3,60	3,60	0,78	0,78	0,00%	C	C
TOTAL		8,53	6,36	9,36	9,36	0,91	0,68	-25,48%	C	C

O: original; M: modificado; OB: objeto; RE: referencia; IN: indicador; CAL: calificación

- Consumos de energía final y emisiones de CO₂

	ENERGÍA FINAL kWh/año			% DIF.	EMISIONES kg de CO ₂ /año			% DIF.
	O	M	DIF.		O	M	DIF.	
ILU	55.890,10	55.890,10	0,00	0,00%	18.499,60	18.499,60	0,00	0,00%
REF	13.799,20	13.799,20	0,00	0,00%	4.567,50	4.567,50	0,00	0,00%
BYA	17.275,50	17.275,50	0,00	0,00%	5.718,20	5.718,20	0,00	0,00%
VEN	30.872,60	30.872,60	0,00	0,00%	10.218,80	10.218,80	0,00	0,00%
CAL	46.637,90	63.124,90	16.487,00	35,35%	15.437,10	1.201,70	-14.235,40	-92,22%
ACS	4.304,10	4.304,10	0,00	0,00%	1.424,70	1.424,70	0,00	0,00%
TOTAL	168.779,40	185.266,40	16.487,00	9,77%	55.865,90	41.630,50	-14.235,40	-25,48%

O: original; M: modificado



- Gasto económico en energía

		O kWh	€ O	M kWh	€ M	€ DIF.
ILU		55.890,10	6.706,81 €	55.890,10	6.706,81 €	0,00 €
REF		13.799,20	1.655,90 €	13.799,20	1.655,90 €	0,00 €
BYA		17.275,50	2.073,06 €	17.275,50	2.073,06 €	0,00 €
VEN		30.872,60	3.704,71 €	30.872,60	3.704,71 €	0,00 €
CAL	ELEC.	46.637,90	5.596,55 €	209,00	25,08 €	-3.212,12 €
	BIOM.	0,00	0,00 €	62.915,90	2.359,35 €	
ACS		4.304,10	516,49 €	4.304,10	516,49 €	0,00 €
TOTAL		168.779,40	20.253,53 €	185.266,40	17.041,41 €	-3.212,12 €

O: original; M: modificado; ELEC: 0,12 € / kWh; BIOM: 0,0375 € / kWh



➤ Presupuesto Mejora 3:

Ud Caldera de biomasa, para la combustión de pellets.

Rehabilitación energética de edificio mediante la colocación, en sustitución de equipo existente, de caldera para la combustión de pellets, potencia nominal de 35,9 a 180 kW, con sistema de alimentación de pellets, compuesto por kit básico de extractor flexible para pellets, formado por tubo extractor de 1 m de longitud y motor de accionamiento de 0,55 kW, para alimentación monofásica a 230 V, 3 m de tubo de ampliación de extractor flexible para pellets, 1 m de tubo de conexión de extractor flexible para pellets.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Caldera para la combustión de pellets, potencia nominal de 35,9 a 180 kW, con cuerpo de acero soldado y ensayado a presión, de 1818x980x1494 mm, aislamiento interior, cámara de combustión con parrilla móvil con sistema automático de limpieza mediante parrilla basculante, intercambiador de calor de tubos verticales con mecanismo de limpieza automática, sistema de recogida y extracción de cenizas del módulo de combustión y depósito de cenizas extraíble, control de la combustión mediante sonda integrada, sistema de mando integrado con pantalla táctil, para el control de la combustión, del acumulador de A.C.S., del depósito de inercia y de la válvula mezcladora para un rápido calentamiento del circuito de calefacción.	1,000	21231,90	21231,90
	Ud	Motor introductor trifásico, a 400 V, para almacén intermedio de caldera Firematic.	1,000	1574,63	1574,63
	Ud	Base de apoyo antivibraciones, para caldera.	1,000	165,75	165,75
	Ud	Limitador térmico de seguridad, tarado a 95°C, formado por válvula y sonda de temperatura.	1,000	79,95	79,95
	Ud	Conexión antivibración para conducto de humos de 200 mm de diámetro.	1,000	269,10	269,10
	Ud	Regulador de tiro de 200 mm de diámetro, con clapeta antiexplosión, para caldera.	1,000	335,40	335,40
	Ud	Supervisión y dirección del procedimiento de ensamblaje y conexionado interno de caldera de biomasa.	1,000	867,75	867,75
	Ud	Ensamblaje y conexionado interno de caldera de biomasa.	1,000	1803,75	1803,75
	Ud	Puesta en marcha y formación en el manejo de caldera de biomasa.	1,000	463,13	463,13
	Ud	Kit básico de extractor flexible para pellets, formado por tubo extractor de 1 m de longitud y motor de accionamiento de 0,55 kW, para alimentación monofásica a 230 V, para sistema de alimentación de caldera de biomasa.	1,000	1214,85	1214,85
	m	Tubo de ampliación de extractor flexible para pellets, para sistema de alimentación de caldera de biomasa.	3,000	184,28	552,84
	m	Tubo de conexión de extractor flexible para pellets, para sistema de alimentación de caldera de biomasa.	1,000	36,08	36,08
	m	Transportador helicoidal sinfín flexible, para sistema de alimentación de caldera de biomasa.	5,000	42,90	214,50
		Subtotal materiales:			28809,63
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª calefactor.	7,697	18,13	139,55
	h	Ayudante calefactor.	7,697	16,40	126,23
		Subtotal mano de obra:			265,78
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	29075,41	581,51
		Costes directos (1+2+3):			29656,92

5.3. Mejoras relacionadas con la iluminación

La iluminación en los edificios de oficinas supone un importante consumo de energía. En este caso, la iluminación original es de tipo fluorescente lo que genera el planteamiento de una rehabilitación que suponga la instalación de nuevas luminarias más modernas y con mayor eficiencia energética.

La inversión suele ser elevada, pero se prevé amortizable en un periodo corto de tiempo.

5.3.1. Mejora 4: Sustitución total de la iluminación interior actual por LED

➤ Resumen de la mejora

El ahorro económico en energía consecuencia de la mejora es de **3.519,73 €/año**, amortizando la inversión en **3,29 años**.

La reducción sobre el consumo de energía final total ha sido de un **17,38%** traducidos en **29.331,10 kWh** menos al año.

La reducción sobre el consumo de energía final de iluminación ha sido de un **66,28%** traducidos en **37.042,50 kWh** menos al año.

La reducción sobre el consumo de energía final de refrigeración ha sido de un **11,44%** traducidos en **1.578,10 kWh** menos al año.

Se evita la emisión a la atmósfera de **9,71 ton CO2** al año.

Se evidencian aumentos de consumo en:

Calefacción: 19,43 % (9.062,50 kWh/año)

Bombas y auxiliares: 1,31 % (227,00 kWh/año)

➤ Descripción de la mejora

Con esta mejora se propone sustituir la iluminación existente por equipos con tecnología LED con iguales o mejores prestaciones que los actuales y permitiendo la reducción de la potencia instalada en más de un 50% ya que, además, estos equipos no precisan de balasto (equipo auxiliar) para el encendido.

Las luminarias a instalar serían las siguientes:



Para sustituir los tubos fluorescentes, principalmente ubicados en el garaje, se instalarán tubos T8 LED de 1500mm con potencia de 22W, temperatura de color de 5700K y flujo luminoso de 2464lm del fabricante Threeline o similar.

Ilustración 5.10. Tubo LED T8 Threeline [47]



Para sustituir las bombillas convencionales ubicadas en el hueco del ascensor, se instalarán bombillas LED E27 con potencia de 12W, temperatura de color de 6000K y flujo luminoso de 1250lm del fabricante Threeline o similar.

Ilustración 5.11. Bombilla LED E27 Threeline [47]



Para sustituir los paneles rectangulares con tubos fluorescentes circulares TL5, se instalarán paneles LED con potencia de 24W, temperatura de color de 4000K y flujo luminoso de 3400lm del fabricante Philips o similar.

Ilustración 5.12. Panel LED Philips [48]



Para sustituir las luminarias downlight electromagnéticas se instalarán downlight LED con potencia de 20W, temperatura de color de 4000K y flujo luminoso de 2677lm del fabricante Secom o similar.

Ilustración 5.13. Downlight LED Secom [49]

Para la simulación de la iluminación LED en Calener GT, se han calculado de nuevo las potencias instaladas y el VEEI para cada espacio, suponiendo que se mantiene la iluminancia original.

Tabla 5.4. Características iluminación led total

Espacio	Superficie (m ²)	Perfil de uso	Potencia total (W)	Potencia instalada (W/m ²)	VEEI (W/m ² 100lux)
P01_E01	2352,00	No habitable	3108	1,32	0,66
P02_E01	212,83	Acondicionado	1050	4,93	0,99
P02_E02	286,88	No acondicionado	712	2,48	0,99
P02_E03	1503,34	No habitable	1628	1,08	0,54
P02_E04	221,34	No habitable	264	1,19	0,60
P03_E01	187,32	Acondicionado	950	5,07	1,01
P03_E02	56,84	Acondicionado	180	3,17	0,63
P03_E03	158,72	No acondicionado	492	3,10	1,24
P03_E04	147,62	Acondicionado	675	4,57	0,91
P03_E05	34,45	No acondicionado	120	3,48	1,39
P03_E06	36,66	Acondicionado	152	4,15	0,83
P03_E07	36,22	No acondicionado	20	0,55	0,22
P04_E01	238,56	Acondicionado	1010	4,23	0,85
P04_E02	75,38	No acondicionado	152	2,02	0,81
P04_E03	47,96	No acondicionado	160	3,34	1,33
P04_E04	239,79	Acondicionado	1150	4,80	0,96
P04_E05	56,16	No acondicionado	132	2,35	0,94
P05_E01	187,32	Acondicionado	950	5,07	1,01
P05_E02	85,17	No acondicionado	172	2,02	0,81
P05_E03	157,40	Acondicionado	625	3,97	0,79
P05_E04	48,00	No acondicionado	160	3,33	1,33
P05_E05	17,76	Acondicionado	50	2,82	0,56
P05_E06	17,79	Acondicionado	50	2,81	0,56
P05_E07	88,22	Acondicionado	300	3,40	0,68
P05_E08	56,16	No acondicionado	92	1,64	0,66

Mejora 4: Sustitución total de la iluminación interior actual por LED

➤ Comparación de resultados

- Calificaciones energéticas parciales y global

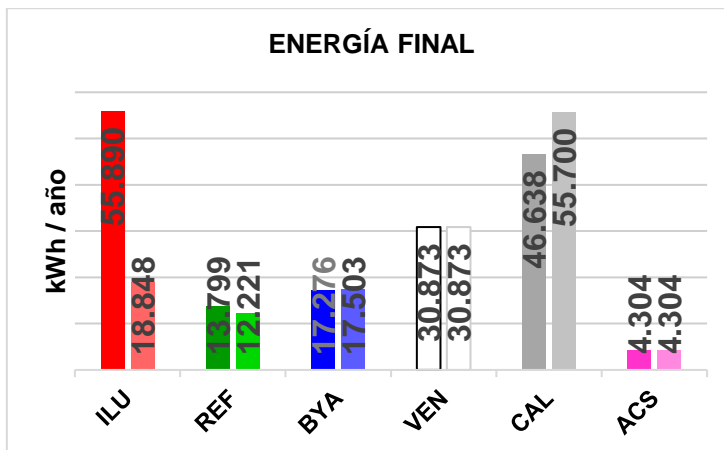
		O OB	M OB	O RE	M RE	O IN	M IN	% DIF. IN	CAL O	CAL M
CLI	(kg de CO ₂)/m ²	5,49	5,88	5,40	5,40	1,02	1,09	7,10%	D	D
ACS		0,22	0,22	0,36	0,36	0,60	0,60	0,00%	B	B
ILU		2,82	0,95	3,60	3,60	0,78	0,26	-66,28%	C	A
TOTAL		8,53	7,05	9,36	9,36	0,91	0,75	-17,38%	C	C

O: original; M: modificado; OB: objeto; RE: referencia; IN: indicador; CAL: calificación

- Consumos de energía final y emisiones de CO₂

	ENERGÍA FINAL kWh/año			EMISIONES kg de CO ₂ /año			% DIF.
	O	M	DIF.	O	M	DIF.	
ILU	55.890,10	18.847,60	-37.042,50	18.499,60	6.238,60	-12.261,00	-66,28%
REF	13.799,20	12.221,10	-1.578,10	4.567,50	4.045,20	-522,30	-11,44%
BYA	17.275,50	17.502,50	227,00	5.718,20	5.793,30	75,10	1,31%
VEN	30.872,60	30.872,60	0,00	10.218,80	10.218,80	0,00	0,00%
CAL	46.637,90	55.700,40	9.062,50	15.437,10	18.436,80	2.999,70	19,43%
ACS	4.304,10	4.304,10	0,00	1.424,70	1.424,70	0,00	0,00%
TOTAL	168.779,40	139.448,30	-29.331,10	55.865,90	46.157,40	-9.708,50	-17,38%

O: original; M: modificado



- Gasto económico en energía

	O kWh	€ O	M kWh	€ M	€ DIF.
ILU	55.890,10	6.706,81 €	18.847,60	2.261,71 €	-4.445,10 €
REF	13.799,20	1.655,90 €	12.221,10	1.466,53 €	-189,37 €
BYA	17.275,50	2.073,06 €	17.502,50	2.100,30 €	27,24 €
VEN	30.872,60	3.704,71 €	30.872,60	3.704,71 €	0,00 €
CAL	46.637,90	5.596,55 €	55.700,40	6.684,05 €	1.087,50 €
ACS	4.304,10	516,49 €	4.304,10	516,49 €	0,00 €
TOTAL	168.779,40	20.253,53 €	139.448,30	16.733,80 €	-3.519,73 €

O: original; M: modificado; ELEC: 0,12 € / kWh



➤ Presupuesto Mejora 4:

Sustitución luminarias convencionales por LED.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	232	Tubo T8 1500mm LED 22W	1,000	11,89	2758,48
	129	Downlight Redondo LED 20W	1,000	12,03	1551,87
	262	Panel 600x600mm LED 25W	1,000	22,00	5764,00
	10	Bombilla E27 LED 12W	1,000	3,85	38,50
		Subtotal materiales:			10112,85
2		Mano de obra			
	80	Oficial 1ª electricista.	0,445	18,51	659,20
	80	Ayudante electricista.	0,445	16,92	602,40
		Subtotal mano de obra:			1261,60
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	11374,45	227,49
				Costes directos	11601,94
				(1+2+3):	

5.3.2. Mejora 5: Sustitución parcial de la iluminación interior actual, excluyendo garajes, por LED

➤ Resumen de la mejora

El ahorro económico en energía consecuencia de la mejora es de **2.868,52 €/año**, amortizando la inversión en **2,96 años**.

La reducción sobre el consumo de energía final total ha sido de un **14,16%** traducidos en **23.904,30 kWh** menos al año.

La reducción sobre el consumo de energía final de iluminación ha sido de un **56,37%** traducidos en **31.504,70 kWh** menos al año.

La reducción sobre el consumo de energía final de refrigeración ha sido de un **11,35%** traducidos en **1.566,10 kWh** menos al año.

Se evita la emisión a la atmósfera de **7,91 ton CO2** al año.

Se evidencian aumentos de consumo en:

Calefacción: 19,18 % (8.945,70 kWh/año)

Bombas y auxiliares: 1,28 % (220,80 kWh/año)

➤ Descripción de la mejora

En este caso, la propuesta es idéntica a la Mejora 4 pero sin incluir las luminarias del garaje. El objetivo de esta mejora es reducir la inversión inicial necesaria para disponer de diferentes soluciones que se adapten a distintas posibilidades de un cliente.

Por lo tanto, en Calener GT se editan los valores de todos los espacios menos los destinados a garaje: P01_E01, P02_E03 y P03_E04.

Tabla 5.5. Características iluminación led parcial

Espacio	Superficie (m²)	Perfil de uso	Potencia total (W)	Potencia instalada (W/m²)	VEEI (W/m²100lux)
P01_E01	2352,00	No habitable	9892,8	4,21	2,10
P02_E01	212,83	Acondicionado	1050	4,93	0,99
P02_E02	286,88	No acondicionado	712	2,48	0,99
P02_E03	1503,34	No habitable	5150,4	3,43	1,71
P02_E04	221,34	No habitable	835,2	3,77	1,89
P03_E01	187,32	Acondicionado	950	5,07	1,01
P03_E02	56,84	Acondicionado	180	3,17	0,63
P03_E03	158,72	No acondicionado	492	3,10	1,24
P03_E04	147,62	Acondicionado	675	4,57	0,91
P03_E05	34,45	No acondicionado	120	3,48	1,39
P03_E06	36,66	Acondicionado	152	4,15	0,83
P03_E07	36,22	No acondicionado	20	0,55	0,22
P04_E01	238,56	Acondicionado	1010	4,23	0,85
P04_E02	75,38	No acondicionado	152	2,02	0,81
P04_E03	47,96	No acondicionado	160	3,34	1,33
P04_E04	239,79	Acondicionado	1150	4,80	0,96
P04_E05	56,16	No acondicionado	132	2,35	0,94
P05_E01	187,32	Acondicionado	950	5,07	1,01



P05_E02	85,17	No acondicionado	172	2,02	0,81
P05_E03	157,40	Acondicionado	625	3,97	0,79
P05_E04	48,00	No acondicionado	160	3,33	1,33
P05_E05	17,76	Acondicionado	50	2,82	0,56
P05_E06	17,79	Acondicionado	50	2,81	0,56
P05_E07	88,22	Acondicionado	300	3,40	0,68
P05_E08	56,16	No acondicionado	92	1,64	0,66



Mejora 5: Sustitución parcial de la iluminación interior actual, excluyendo garajes, por LED

➤ Comparación de resultados

- Calificaciones energéticas parciales y global

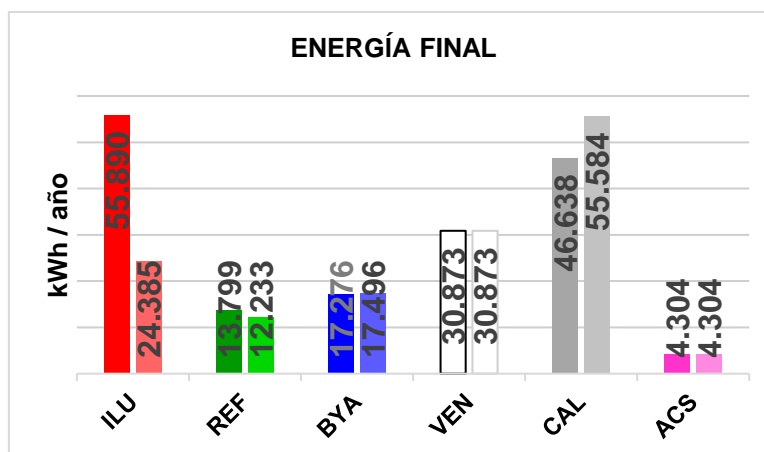
		O OB	M OB	O RE	M RE	O IN	M IN	% DIF. IN	CAL O	CAL M
CLI	(kg de CO ₂)/m ²	5,49	5,87	5,40	5,40	1,02	1,09	7,00%	D	D
ACS		0,22	0,22	0,36	0,36	0,60	0,60	0,00%	B	B
ILU		2,82	1,23	3,60	3,60	0,78	0,34	-56,37%	C	A
TOTAL		8,53	7,32	9,36	9,36	0,91	0,78	-14,16%	C	C

O: original; M: modificado; OB: objeto; RE: referencia; IN: indicador; CAL: calificación

- Consumos de energía final y emisiones de CO₂

	ENERGÍA FINAL kWh/año			EMISIONES kg de CO ₂ /año			% DIF.
	O	M	DIF.	O	M	DIF.	
ILU	55.890,10	24.385,40	-31.504,70	18.499,60	8.071,60	-10.428,00	-56,37%
REF	13.799,20	12.233,10	-1.566,10	4.567,50	4.049,20	-518,30	-11,35%
BYA	17.275,50	17.496,30	220,80	5.718,20	5.791,30	73,10	1,28%
VEN	30.872,60	30.872,60	0,00	10.218,80	10.218,80	0,00	0,00%
CAL	46.637,90	55.583,60	8.945,70	15.437,10	18.398,20	2.961,10	19,18%
ACS	4.304,10	4.304,10	0,00	1.424,70	1.424,70	0,00	0,00%
TOTAL	168.779,40	144.875,10	-23.904,30	55.865,90	47.953,80	-7.912,10	-14,16%

O: original; M: modificado



- Gasto económico en energía

	O kWh	€ O	M kWh	€ M	€ DIF.
ILU	55.890,10	6.706,81 €	24.385,40	2.926,25 €	-3.780,56 €
REF	13.799,20	1.655,90 €	12.233,10	1.467,97 €	-187,93 €
BYA	17.275,50	2.073,06 €	17.496,30	2.099,56 €	26,50 €
VEN	30.872,60	3.704,71 €	30.872,60	3.704,71 €	0,00 €
CAL	46.637,90	5.596,55 €	55.583,60	6.670,03 €	1.073,48 €
ACS	4.304,10	516,49 €	4.304,10	516,49 €	0,00 €
TOTAL	168.779,40	20.253,53 €	144.875,10	17.385,01 €	-2.868,52 €

O: original; M: modificado; ELEC: 0,12 € / kWh



➤ Presupuesto Mejora 5:

Sustitución luminarias convencionales por LED.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	14	Tubo T8 1500mm LED 22W	1,000	11,89	166,46
	120	Downlight Redondo LED 20W	1,000	12,03	1443,60
	262	Panel 600x600mm LED 25W	1,000	22,00	5764,00
	8	Bombilla E27 LED 12W	1,000	3,85	30,80
		Subtotal materiales:			7404,86
2		Mano de obra			
	60	Oficial 1ª electricista.	0,445	18,51	494,40
	60	Ayudante electricista.	0,445	16,92	451,80
		Subtotal mano de obra:			946,20
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	8351,06	167,02
				Costes directos (1+2+3):	8518,08



5.4. Mejora conjunta

5.4.1. Mejora 6: Sustitución total de iluminación por LED y cambio a caldera de biomasa para climatización

➤ Resumen de la mejora

El ahorro económico en energía consecuencia de la mejora es de **7.374,20 €/año** debidos al menor coste del combustible empleado en calefacción y al menor consumo en iluminación, amortizando la inversión en **5,60 años**.

La reducción sobre el consumo de energía final total ha sido de un **5,99%** traducidos en **10.105,80 kWh** menos al año.

La reducción sobre el consumo de energía final de iluminación ha sido de un **66,28%** traducidos en **37.042,50 kWh** menos al año.

La reducción sobre el consumo de energía final de refrigeración ha sido de un **11,44%** traducidos en **1.578,10 kWh** menos al año.

Se evita la emisión a la atmósfera de **26,72 ton CO2** al año.

Se evidencian aumentos de consumo en:

Calefacción: 60,65 % (28.287,80 kWh/año)

Bombas y auxiliares: 1,31 % (227,00 kWh/año)

➤ Descripción de la mejora

Esta propuesta engloba la Mejora 3 (sustitución de caldera eléctrica por caldera de biomasa) y la Mejora 4 (sustitución total de la iluminación convencional por LED).

Mejora 6: Sustitución total de la iluminación por LED y cambio a caldera de biomasa para climatización

➤ Comparación de resultados

- Calificaciones energéticas parciales y global

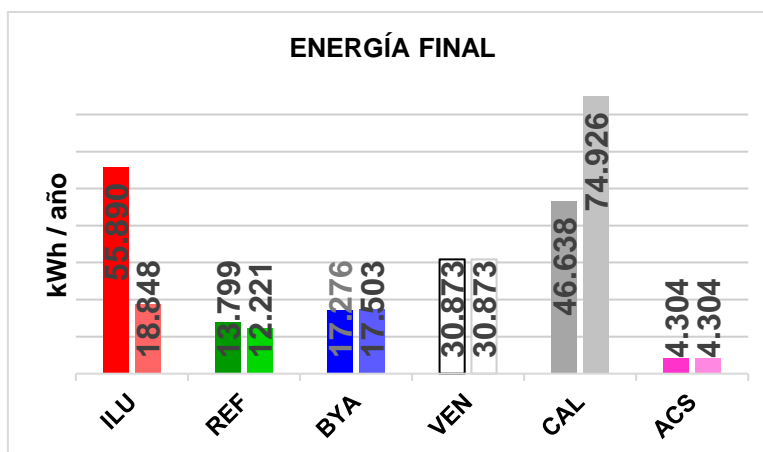
		O OB	M OB	O RE	M RE	O IN	M IN	% DIF. IN	CAL O	CAL M
CLI	(kg de CO ₂)/m ²	5,49	3,28	5,40	5,40	1,02	0,61	-40,23%	D	B
ACS		0,22	0,22	0,36	0,36	0,60	0,60	0,00%	B	B
ILU		2,82	0,95	3,60	3,60	0,78	0,26	-66,28%	C	A
TOTAL		8,53	4,45	9,36	9,36	0,91	0,48	-47,83%	C	B

O: original; M: modificado; OB: objeto; RE: referencia; IN: indicador; CAL: calificación

- Consumos de energía final y emisiones de CO₂

	ENERGÍA FINAL kWh/año			% DIF.	EMISIONES kg de CO ₂ /año			% DIF.
	O	M	DIF.		O	M	DIF.	
ILU	55.890,10	18.847,60	-37.042,50	-66,28%	18.499,60	6.238,60	-12.261,00	-66,28%
REF	13.799,20	12.221,10	-1.578,10	-11,44%	4.567,50	4.045,20	-522,30	-11,44%
BYA	17.275,50	17.502,50	227,00	1,31%	5.718,20	5.793,30	75,10	1,31%
VEN	30.872,60	30.872,60	0,00	0,00%	10.218,80	10.218,80	0,00	0,00%
CAL	46.637,90	74.925,70	28.287,80	60,65%	15.437,10	1.424,00	-14.013,10	-90,78%
ACS	4.304,10	4.304,10	0,00	0,00%	1.424,70	1.424,70	0,00	0,00%
TOTAL	168.779,40	158.673,60	-10.105,80	-5,99%	55.865,90	29.144,60	-26.721,30	-47,83%

O: original; M: modificado



- Gasto económico en energía

		O kWh	€ O	M kWh	€ M	€ DIF.
ILU		55.890,10	6.706,81 €	18.847,60	2.261,71 €	-4.445,10 €
REF		13.799,20	1.655,90 €	12.221,10	1.466,53 €	-189,37 €
BYA		17.275,50	2.073,06 €	17.502,50	2.100,30 €	27,24 €
VEN		30.872,60	3.704,71 €	30.872,60	3.704,71 €	0,00 €
CAL	ELEC.	46.637,90	5.596,55 €	240,80	28,90 €	-2.766,97 €
	BIOM.	0,00	0,00 €	74.684,90	2.800,68 €	
ACS		4.304,10	516,49 €	4.304,10	516,49 €	0,00 €
TOTAL		168.779,40	20.253,53 €	158.673,60	12.879,33 €	-7.374,20 €

O: original; M: modificado; ELEC: 0,12 € / kWh; BIOM: 0,0375 € / kWh

➤ Presupuesto Mejora 6:

Ud Caldera de biomasa, para la combustión de pellets. Rehabilitación energética de edificio mediante la colocación, en sustitución de equipo existente, de caldera para la combustión de pellets, potencia nominal de 35,9 a 180 kW, con sistema de alimentación de pellets, compuesto por kit básico de extractor flexible para pellets, formado por tubo extractor de 1 m de longitud y motor de accionamiento de 0,55 kW, para alimentación monofásica a 230 V, 3 m de tubo de ampliación de extractor flexible para pellets, 1 m de tubo de conexión de extractor flexible para pellets.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Caldera para la combustión de pellets, potencia nominal de 35,9 a 180 kW, con cuerpo de acero soldado y ensayado a presión, de 1818x980x1494 mm, aislamiento interior, cámara de combustión con parrilla móvil con sistema automático de limpieza mediante parrilla basculante, intercambiador de calor de tubos verticales con mecanismo de limpieza automática, sistema de recogida y extracción de cenizas del módulo de combustión y depósito de cenizas extraíble, control de la combustión mediante sonda integrada, sistema de mando integrado con pantalla táctil, para el control de la combustión, del acumulador de A.C.S., del depósito de inercia y de la válvula mezcladora para un rápido calentamiento del circuito de calefacción.	1,000	21231,90	21231,90
	Ud	Motor introductor trifásico, a 400 V, para almacén intermedio de caldera Firematic.	1,000	1574,63	1574,63
	Ud	Base de apoyo antivibraciones, para caldera.	1,000	165,75	165,75
	Ud	Limitador térmico de seguridad, tarado a 95°C, formado por válvula y sonda de temperatura.	1,000	79,95	79,95
	Ud	Conexión antivibración para conducto de humos de 200 mm de diámetro.	1,000	269,10	269,10
	Ud	Regulador de tiro de 200 mm de diámetro, con clapeta antiexplosión, para caldera.	1,000	335,40	335,40
	Ud	Supervisión y dirección del procedimiento de ensamblaje y conexionado interno de caldera de biomasa.	1,000	867,75	867,75
	Ud	Ensamblaje y conexionado interno de caldera de biomasa.	1,000	1803,75	1803,75
	Ud	Puesta en marcha y formación en el manejo de caldera de biomasa.	1,000	463,13	463,13
	Ud	Kit básico de extractor flexible para pellets, formado por tubo extractor de 1 m de longitud y motor de accionamiento de 0,55 kW, para alimentación monofásica a 230 V, para sistema de alimentación de caldera de biomasa.	1,000	1214,85	1214,85
	m	Tubo de ampliación de extractor flexible para pellets, para sistema de alimentación de caldera de biomasa.	3,000	184,28	552,84
	m	Tubo de conexión de extractor flexible para pellets, para sistema de alimentación de caldera de biomasa.	1,000	36,08	36,08
	m	Transportador helicoidal sinfín flexible, para sistema de alimentación de caldera de biomasa.	5,000	42,90	214,50
		Subtotal materiales:			28809,63
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª calefactor.	7,697	18,13	139,55
	h	Ayudante calefactor.	7,697	16,40	126,23
		Subtotal mano de obra:			265,78
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	29075,41	581,51
		Costes directos (1+2+3):			29656,92

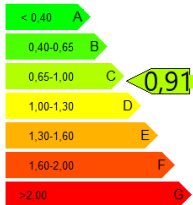
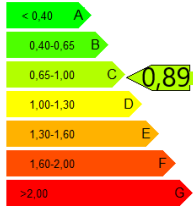
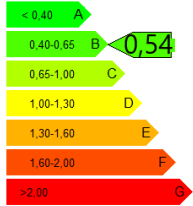
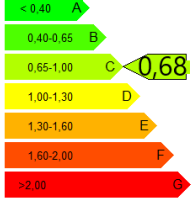
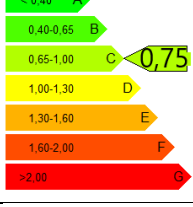
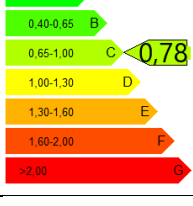
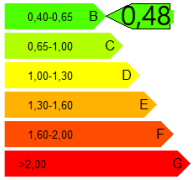
Sustitución luminarias convencionales por LED.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	232	Tubo T8 1500mm LED 22W	1,000	11,89	2758,48
	129	Downlight Redondo LED 20W	1,000	12,03	1551,87
	262	Panel 600x600mm LED 25W	1,000	22,00	5764,00
	10	Bombilla E27 LED 12W	1,000	3,85	38,50
		Subtotal materiales:			10112,85
2		Mano de obra			
	80	Oficial 1ª electricista.	0,445	18,51	659,20
	80	Ayudante electricista.	0,445	16,92	602,40
		Subtotal mano de obra:			1261,60
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	11374,45	227,49
		Costes directos (1+2+3):			11601,94
		Costes directos TOTALES			41258,86



6. Conclusiones

La visión global de las medidas estudiadas frente a la situación original sería la siguiente:

ORIGINAL					
		Emisiones evitadas (Ton CO2/año)	Inversión (€)	Ahorro en 10 años (€)	
MEJORA 1 (XPS)		1,50	6.691,20 €	No rentable	
MEJORA 2 (VRV)		23,06	182.427,06 €	No rentable	
MEJORA 3 (BIOMASA)		14,24	29.656,92 €	2.464,28 €	
MEJORA 4 (LED TOTAL)		9,71	11.601,94 €	23.595,36 €	
MEJORA 5 (LED PARCIAL)		7,91	8.518,08 €	20.167,12 €	
MEJORA 6 (LED TOTAL +BIOMASA)		26,72	41.258,86 €	32.483,14 €	



En cuanto a las mejoras que no resultarían rentables en los primeros 10 años, en la Mejora 1, no se ha observado que exista un ahorro anual significativo tras añadir una capa de aislante térmico en la fachada y cubierta. Se han experimentado ligeros cambios en una reducción del consumo de calefacción y un pequeño aumento del consumo de refrigeración que hacen mejorar la calificación parcial en emisiones de CO₂ de climatización de una D a una C pero manteniendo la calificación global en una C. La baja incidencia sobre los consumos es debida, entre otras cosas, a que se ha supuesto que se parte de una situación favorable en cuanto a la calidad constructiva de los cerramientos que componen el edificio. En concreto, la fachada M1 ya contaba con aislante térmico PUR (espuma de poliuretano) con espesor de 4 centímetros y la cubierta C1, también disponía de una capa interna de EPS (poliestireno extrusionado) con espesor de 2 centímetros. Ambos cerramientos cumplían, ya en la situación inicial, con los límites fijados por el Código Técnico de la Edificación en cuanto a los valores transmitancia térmica. Además de esto, la fachada está resuelta, principalmente, mediante un muro de cortina de vidrio con buenas prestaciones térmicas tanto a nivel de vidrio como a nivel de marco. Por lo tanto, se ha comprobado que actuar sobre la envolvente térmica de un edificio con una situación inicial aceptable, no se traduce en un ahorro proporcional a la inversión que se debe realizar, dado que en este tipo de intervenciones se debe utilizar una cantidad importante de material y medios adecuados para trabajar en altura. Esta medida está más indicada para edificios antiguos que no dispongan de aislante térmico entre sus capas. La sustitución de vidrios puede ser interesante en aquellas edificaciones que no tengan un porcentaje de huecos muy elevado.

La Mejora 2, que implicaba una comparación entre el sistema actual de climatización y uno de tipo VRV, sería con la que mayor ahorro energético se conseguiría a costa de suponer una inversión tan elevada que no la haría rentable para un edificio ya construido y en funcionamiento, haciendo que se mejore la calificación parcial en emisiones de CO₂ de climatización de una D a una A y calificación global de una C a una B. Este tipo de sistemas tienen la capacidad de funcionar al mismo tiempo en modo calor y modo frío, lo que lo hace atractivo para edificios con múltiples espacios, siendo uno de los sistemas más exitosos del mercado. Tiene buenos resultados en cuanto a los coeficientes energéticos de EER y COP, implicando una alta eficiencia energética. Tiene como consecuencia, a diferencia del sistema actual, que las máquinas tienen que funcionar menos tiempo o a menor intensidad para satisfacer las mismas solicitudes. Esto viene reflejado en los resultados obtenidos, ya que se ha observado un considerable descenso en el consumo de calefacción y en transporte de aire (ventiladores). Dado que este sistema no utiliza circuitos de agua caliente ni fría, el ahorro en transporte de agua es del 100%. En definitiva, esta solución está indicada para nuevos proyectos donde se desee un ahorro sustancial energético.

A continuación, se presenta la relación entre el capital invertido y el ahorro de las mejoras que resultarían rentables en un horizonte temporal de 10 años tras su puesta en marcha. Se ha supuesto que en el primer año se cubre totalmente el coste de la inversión y, desde ese mismo año, se comienza a descontar el ahorro conseguido hasta el año 10. Se puede observar que, durante este periodo, no siempre existe una relación proporcional entre inversión y ahorro.

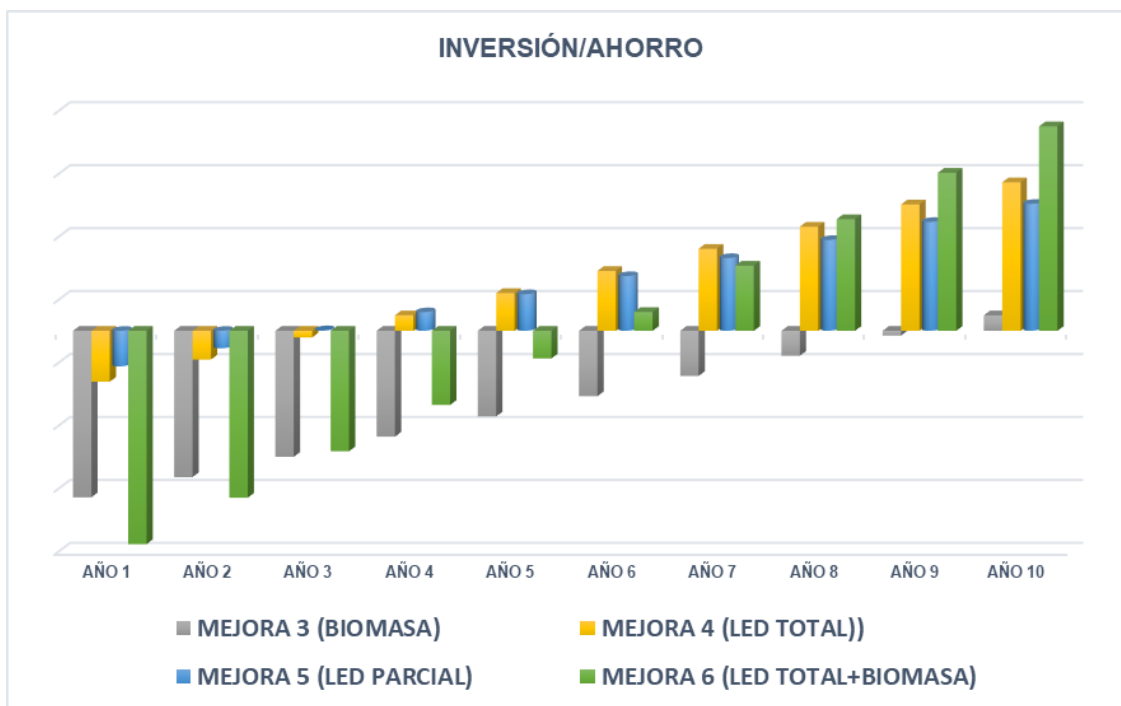


Ilustración 6.1. Representación inversión/ahorro de las mejoras rentables en un horizonte temporal de 10 años

La Mejora 3, que tenía como objetivo sustituir la caldera eléctrica para la generación del agua caliente empleado en calefacción por los fan-coils por una caldera de biomasa, supondría, por sí sola, una mejora con una alta inversión y reducido ahorro en comparación, traducida, en cuanto a emisiones de CO₂, en una mejora en la calificación parcial de climatización de una D a una B pero manteniendo la calificación global en una C. Es una propuesta muy orientada a reducir las emisiones ya que el coeficiente de paso de energía final consumida a CO₂ emitido, es muy bajo y, anteriormente, era neutro. La biomasa no es completamente limpia ya que también se debe tener en cuenta el proceso de producción que conlleva y su transporte hasta el consumidor. Para el caso concreto del proyecto, sería una opción viable ya que se podrían mantener las demás instalaciones destinadas a la climatización (planta enfriadora y circuitos) y sólo actuar en la calefacción. Además, el edificio disponía de espacio suficiente para las nuevas instalaciones, siendo este un aspecto importante a la hora de proponer este tipo de modificación. A la hora de realizar la simulación, se ha observado en los resultados que existe un aumento en la energía consumida en concepto de calefacción debido al menor rendimiento de una caldera de biomasa respecto a una eléctrica (prácticamente del 100%) y debido a que el programa utiliza otro tipo distinto de curva característica que se ajusta más al funcionamiento de este tipo de calderas. Pese a este aumento, en términos económicos sí que se experimenta ahorro anual, más bien a largo plazo, debido al menor coste de la biomasa, en torno a 5 veces menos que el precio de la electricidad.

La mejora 4, suponía sustituir la iluminación interior del edificio, que contaba con luminarias de tipo fluorescente, por LED, resultando así una mejora en la calificación



parcial de emisiones de CO₂ de una C a una A y manteniendo la calificación global en una C. Esta mejora es ampliamente adoptada por muchos edificios actualmente, ya que implica un ahorro anual considerable, se puede llevar a cabo sin detener la actividad y supone una inversión admisible. La ventaja de la iluminación LED no solo implica la evidente reducción de la potencia instalada de los equipos que además podría conllevar a un estudio de potencia con el que disminuir el coste fijo de la factura eléctrica, sino que también implica un importante descenso del importe pagado por el mantenimiento en iluminación, ya que la tasa de fallo de los equipos es mucho menor. En los resultados de la simulación, se ha observado el menor consumo en iluminación que ha afectado al consumo de climatización. Es debido que se ha tenido en cuenta la ganancia térmica que provocan las luminarias, dándose un aumento en el consumo de calefacción y una reducción en el de refrigeración al tener que utilizar más los equipos en invierno y menos en verano, ya que deben mantener las temperaturas de consigna establecidas.

En cuanto a la Mejora 5, se proponía sustituir la iluminación del edificio parcialmente, sin afectar a los garajes ya que éstos disponían de una cantidad elevada de equipos que incrementaban la inversión y que, energéticamente, no consumían gran cantidad de energía al estar en funcionamiento sólo cuando coincidían con las entradas y salidas de los trabajadores al edificio. La incidencia sobre la calificación en emisiones de CO₂ sería idéntica a la Mejora 4 y supondría un menor coste, con una buena previsión de rentabilidad.

La Mejora 6, supondría la aplicación de dos modificaciones activas en el edificio, que serían la Mejora 3 (caldera de biomasa) y la Mejora 4 (sustitución total de la iluminación por LED). En cuanto las calificaciones parciales en emisiones de CO₂, se mejoraría en climatización de una D a una B y en iluminación de una C a una A. La calificación global mejoraría de una C a una B. Esta mejora se debe analizar desde el aspecto económico, ya que, en cuanto a consumo de energía final, se evidencia poca diferencia. La energía consumida que se consigue reducir por la instalación LED, se eclipsa con la cantidad de energía consumida por la nueva caldera. Por lo tanto, la clave de la rentabilidad de esta mejora viene dada por el tipo de combustible empleado. Todas las instalaciones siguen empleando energía eléctrica a excepción de la caldera, que ahora emplearía biomasa. Dado que uno de los principales focos de consumo era la calefacción y que, como se ha visto, el precio de la biomasa es considerablemente inferior al de la electricidad, hay ahorro. Es un ahorro que hasta pasado el año 5 tras la puesta en marcha de las nuevas instalaciones, no se comenzaría a experimentar, pero casi alcanza el 50% del importe total pagado por energía anualmente en el edificio.

Como conclusión final, se ha visto que la instalación de una caldera de biomasa junto con la sustitución de la iluminación led, conlleva a un ahorro económico muy elevado junto a una reducción de prácticamente a la mitad de las emisiones de CO₂. Dicho ahorro va ligado a la gran inversión a realizar, por lo que también podrían ser viables las opciones que solo impliquen el cambio de iluminación. La decisión final depende directamente de la inversión que se desee realizar y el ahorro que se quiera conseguir.

7. ANEXOS

➤ Superficies y alturas de planta

- Planta Sótano -2

Tabla 7.1. Superficies reales Planta Sótano -2

CUADRO DE SUPERFICIES PROYECTO (PS-2)	
	Sup. Útil (m²)
C. aljibe de incendio	42,13
C. bombas de calor	55,21
C. Instalaciones	51,80
C. bombas San.	30,50
Núcleo escal. Norte	21,00
Vest. Ascensor	15,80
Vest. Independencia	6,60
C. bombas de calor	60,21
Vest. Independencia	4,15
C. Instalaciones	8,20
Núcleo Esc. Sur	30,50
Aparcamiento	1860,00
C. Instalaciones	23,00
Sup. Total útil	2209,10
Sup. Construida	2368,31

Tabla 7.2. Parámetros para definición geométrica en Calener GT P01

CUADRO DE SUPERFICIES SIMULACIÓN (P01)		
Espacio	Superficie (m²)	Perfil de uso
P01_E01	2352,00	No habitable
Altura de planta = 3,75 m		

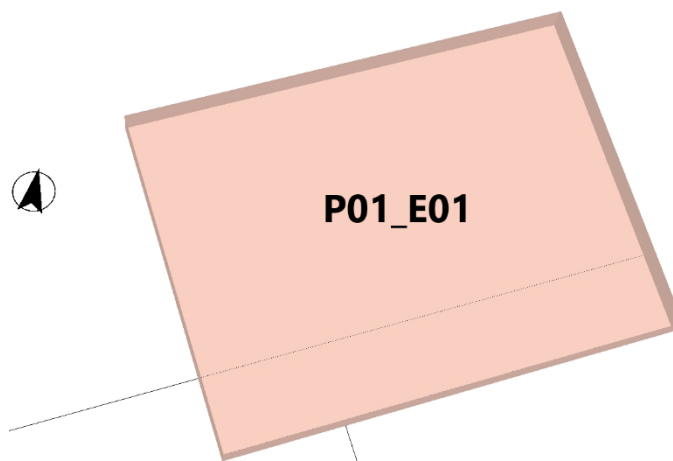


Ilustración 7.1. Planta P01 (HULC)

○ Planta Sótano -1

Tabla 7.3. Superficies reales Planta Sótano -1

CUADRO DE SUPERFICIES PROYECTO (PS-1)	
	Sup. Útil (m²)
Núcleo esc. Norte	21,00
Ascensor	13,70
Vestíbulo indep.	6,14
Vestuarios-limpieza	22,00
Almacén piezas	58,20
Área laboratorio	204,50
Cuarto instalaciones	16,20
Vest. Indep.	4,50
Almacén piezas	39,70
Patio	109,15
Rampa	160,00
Vest. Indep. Lab.	22,00
Vest. Indep.	4,15
Cuarto Inst.	5,75
Núcleo Esc. SUR	30,70
Aparcamiento	1477,00
Sup. Total. Útil	2194,69
Sup. Construida	2369,31

Tabla 7.4. Parámetros para definición geométrica en Calener GT P02

CUADRO DE SUPERFICIES SIMULACIÓN (P02)		
Espacio	Superficie (m²)	Perfil de uso
P02_E01	212,83	Acondicionado
P02_E02	286,88	No acondicionado
P02_E03	1503,34	No habitable
P02_E04	221,34	No habitable
Altura de planta = 5,20 m		

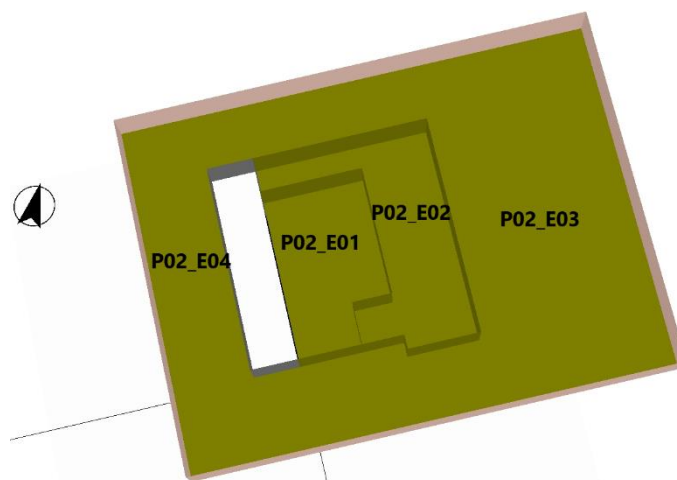


Ilustración 7.2. Planta P02 (HULC)



○ Planta Baja

Tabla 7.5. Superficies reales Planta Baja

CUADRO DE SUPERFICIES PROYECTO (PB)	
	Sup. Útil (m²)
Núcleo esc. Norte	21,00
Recepción	36,00
Almacén	6,70
Biblioteca	23,02
Espera	15,10
Distribuidor	39,42
Area de trabajo 0	181,50
Vestíbulo	9,00
Núcleo esc. Sur	42,80
Aseo minusválidos	4,70
C. instalaciones	3,60
C. instalaciones	5,42
Archivo	12,50
Cuarto de inst.	10,00
Aseos masculinos	13,90
Aseos femeninos	13,35
Area de trabajo 1	101,60
Sala de reuniones 1	28,20
Sala de reuniones 2	12,30
Almacén	6,20
Sup. Total. Útil	586,31
Sup. Construida	670,00

Tabla 7.6. Parámetros para definición geométrica en Calener GT P03

CUADRO DE SUPERFICIES SIMULACIÓN (P03)		
Espacio	Superficie (m ²)	Perfil de uso
P03_E01	187,32	Acondicionado
P03_E02	56,84	Acondicionado
P03_E03	158,72	No acondicionado
P03_E04	147,62	Acondicionado
P03_E05	34,45	No acondicionado
P03_E06	36,66	Acondicionado
P03_E07	36,22	No acondicionado
Altura de planta = 4,50 m		

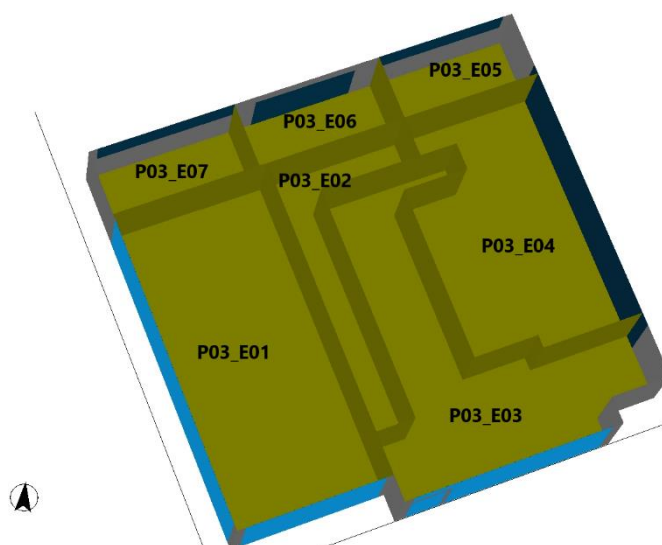


Ilustración 7.3. Planta P03 (HULC)

○ Planta 1

Tabla 7.7. Superficies reales Planta 1

CUADRO DE SUPERFICIES PROYECTO (P1)	
	Sup. Útil (m²)
Núcleo esc. Norte	21,00
Vestíbulo	20,06
Área de trabajo 2	146,36
Distribuidor	50,00
Sala de reuniones 3	17,03
Sala de reuniones 4	17,25
Vestíbulo	5,65
Aseos femeninos	13,35
Aseos masculinos	13,90
C. de instalaciones	7,00
Archivo	6,55
C. de instalaciones	5,40
C. de instalaciones	3,60
Núcleo de esc. Sur	46,16
Área de trabajo 3	233,00
Sup. Total. Útil	606,31
Sup. Construida	670,00

Tabla 7.8.. Parámetros para definición geométrica en Calener GT P04

CUADRO DE SUPERFICIES SIMULACIÓN (P04)		
Espacio	Superficie (m²)	Perfil de uso
P04_E01	238,56	Acondicionado
P04_E02	75,38	No acondicionado
P04_E03	47,96	No acondicionado
P04_E04	239,79	Acondicionado
P04_E05	56,16	No acondicionado
Altura de planta = 4,50 m		

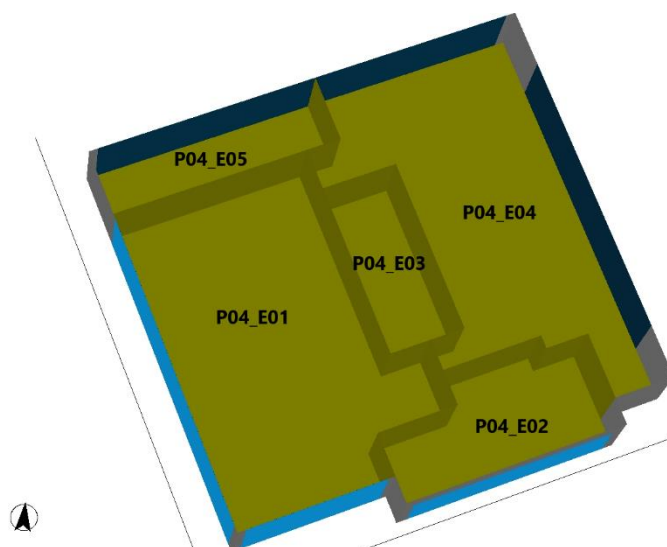


Ilustración 7.4. Planta P04 (HULC)



○ Planta 2

Tabla 7.9. Superficies reales Planta 2

CUADRO DE SUPERFICIES PROYECTO (P2)	
	Sup. Útil (m²)
Núcleo esc. Norte	21,00
Vestíbulo	20,06
Área de trabajo 4	181,00
Sala de reuniones 5	17,03
Sala de reuniones 6	16,22
Vestíbulo	5,65
Aseos femenino	13,35
Aseos masculino	13,90
C. de instalaciones	7,00
Archivo	6,55
C. de instalaciones	5,40
C. de instalaciones	3,60
Núcleo de esc. Sur	57,60
Área de trabajo 5	239,00
Sup. Total. Útil	607,36
Sup. Construida	670,00

Tabla 7.10. *Parámetros para definición geométrica en Calener GT P05*

CUADRO DE SUPERFICIES SIMULACIÓN (P05)		
Espacio	Superficie (m ²)	Perfil de uso
P05_E01	187,32	Acondicionado
P05_E02	85,17	No acondicionado
P05_E03	157,40	Acondicionado
P05_E04	48,00	No acondicionado
P05_E05	17,76	Acondicionado
P05_E06	17,79	Acondicionado
P05_E07	88,22	Acondicionado
P05_E08	56,16	No acondicionado
Altura de planta = 4,50 m		

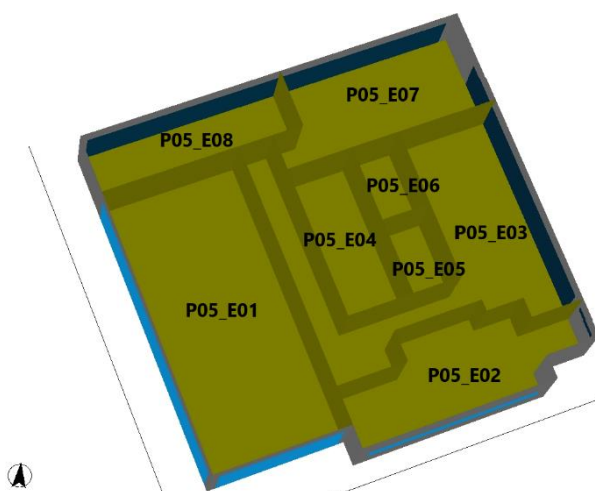


Ilustración 7.5. Planta P05 (HULC)



8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Eurostat, 2016. [En línea]. Available: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Greenhouse_gas_\(GHG\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Greenhouse_gas_(GHG)). [Último acceso: 2 febrero 2019].
- [2] Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, «Cambio climático 2014,» 2015. [En línea]. Available: https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf. [Último acceso: 7 febrero 2019].
- [3] OECD/IEA International Energy Agency, 2015. [En línea]. Available: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf>. [Último acceso: 5 febrero 2019].
- [4] European Union, 2018. [En línea]. Available: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/99fc30eb-c06d-11e8-9893-01aa75ed71a1/language-en>. [Último acceso: 3 enero 2019].
- [5] Eur-Lex, «Eur-Lex,» 2019. [En línea]. Available: https://eur-lex.europa.eu/summary/chapter/energy.html?root_default=SUM_1_CODED%3D18&locale=es. [Último acceso: 5 enero 2019].
- [6] European Environment Agency, 2017. [En línea]. Available: <https://www.eea.europa.eu/downloads/bffbf14a54844083816039a5f758d45e/1511181474/la-energia-en-europa-situacion-actual.pdf?direct=1>. [Último acceso: 11 enero 2019].
- [7] United Nations Framework Convention on Climate Change, 2009. [En línea]. Available: https://unfccc.int/resource/docs/publications/08_unfccc_kp_ref_manual.pdf. [Último acceso: 21 enero 2019].
- [8] United Nations Climate Change, 2015. [En línea]. Available: https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf. [Último acceso: 4 febrero 2019].
- [9] G. I. Galán R, Derecho de las Energías Renovables y la Eficiencia Energética en el Horizonte 2020, Pamplona: Aranzadi, 2017.
- [10] European Commission, 2009. [En línea]. Available: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en. [Último acceso: 4 febrero 2019].
- [11] V. E. R. J. Rey FJ, Eficiencia Energética de los Edificios, 1ª ed., Madrid: Paraninfo, 2018.



- [12] European Commission, 2014. [En línea]. Available: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en. [Último acceso: 2 febrero 2019].
- [13] Press Officer Parlamento Europeo, 2018. [En línea]. Available: <http://www.europarl.europa.eu/news/es/press-room/20181106IPR18315/nuevos-objetivos-de-uso-de-renovables-y-eficiencia-energetica>. [Último acceso: 5 febrero 2019].
- [14] Comisión de Expertos sobre Escenarios de Transición, 2017. [En línea]. Available: http://www6.mityc.es/aplicaciones/transicionenergetica/informe_cexpertos_20180402_veditado.pdf. [Último acceso: 21 enero 2019].
- [15] Departamento de Planificación y Estudios del IDAE, 2018. [En línea]. Available: <http://www.odyssee-mure.eu/publications/national-reports/espana-eficiencia-energetica.pdf>. [Último acceso: 6 febrero 2019].
- [16] Fondo Europeo para Inversiones Estratégicas (FEIE), 2016. [En línea]. Available: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fa6ea15b-b7b0-11e6-9e3c-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_2&format=PDF. [Último acceso: 10 enero 2019].
- [17] Ministerio para la Transición Ecológica, 2010. [En línea]. Available: <https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/normativamodelosutilizacion/ETIQUETA%20PROYECTO.pdf>. [Último acceso: 3 enero 2019].
- [18] Boletín Oficial del Estado, 2012. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf>. [Último acceso: 13 enero 2019].
- [19] Ministerio de Fomento, 2014. [En línea]. Available: https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/pdf/39711141-E3BB-49C4-A759-4F5C6B987766/130069/2014_article4_es_spain.pdf. [Último acceso: 3 enero 2019].
- [20] Ministerio de Fomento, 2017. [En línea]. Available: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/es_building_renov_2017_es.pdf. [Último acceso: 3 enero 2019].
- [21] Comisión Europea, 2016. [En línea]. Available: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d2648a37-c626-11e6-a6db-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF. [Último acceso: 7 febrero 2019].
- [22] DB-HE Ahorro de Energía con comentarios, Ministerio de Fomento, «www.codigotecnico.org,» 29 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia.html>. [Último acceso: 14 Enero 2019].



- [23] Ministerio de Fomento, «www.codigotecnico.org,» Febrero 2015. [En línea]. Available: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia.html>. [Último acceso: 22 Enero 2019].
- [24] Winsulation, «winsulation.com.au,» 2019. [En línea]. Available: <https://winsulation.com.au/benefits-thermally-broken-aluminium-windows-doors/>. [Último acceso: 14 Enero 2019].
- [25] Saint Gobain Building Glass España, «es.saint-gobain-building-glass.com,» [En línea]. Available: <https://es.saint-gobain-building-glass.com/es/ssgg-cool-lite>. [Último acceso: 14 Enero 2019].
- [26] Manual de Usuario HULC, Ministerio de Fomento e IDAE, «www.codigotecnico.org,» 21 12 2015. [En línea]. Available: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-recursos/menu-aplicaciones/282-herramienta-unificada-lider-calener>. [Último acceso: 14 Enero 2019].
- [27] DB-SI con comentarios, Ministerio de Fomento, «www.codigotecnico.org,» 29 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-seguridad-caso-incendio.html>. [Último acceso: 17 Enero 2019].
- [28] CALENER GT: Grandes Edificios Terciarios, Manual Técnico, IDAE, «www.idae.es,» Mayo 2009. [En línea]. Available: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_CALENER_03_GT_Manual_Tecnico_A2009_A_f23fc148.pdf. [Último acceso: 21 Enero 2019].
- [29] P. F. Díez, «es.pfernandezdiez.es,» 2017. [En línea]. Available: <http://es.pfernandezdiez.es/>. [Último acceso: 15 Enero 2019].
- [30] CALENER GT: Grandes Edificios Terciarios. Manual de referencia, IDAE, «www.idae.es,» Mayo 2009. [En línea]. Available: <http://www.idae.es/publicaciones/calener-gt-grandes-edificios-terciarios-manual-de-referencia>. [Último acceso: 16 Enero 2019].
- [31] D. J. C. e. al, «sovathrothsama.files.wordpress.com,» 2001. [En línea]. Available: <https://sovathrothsama.files.wordpress.com/2016/03/ashrae-hvac-2001-fundamentals-handbook.pdf>. [Último acceso: 21 Enero 2019].
- [32] Flow Con International, «flowcon.com,» [En línea]. Available: http://flowcon.com/fileadmin/filer/pdf/Dynamic_Benefit/Fan%20coil%20unit%204-pipe.pdf. [Último acceso: 04 Febrero 2019].
- [33] Características técnicas Series 210, Flowing, «www.floating.com.ar,» [En línea]. Available: <http://www.floating.com.ar/img/archivos/l1CalderasCalefaccionSeries210.pdf>. [Último acceso: 04 Febrero 2019].
- [34] Kosner, «www.kosner.es,» [En línea]. Available: https://www.kosner.es/wp-content/uploads/2018/04/ECOSYS_KC.pdf. [Último acceso: 4 Febrero 2019].



- [35] Sodeca, «www.sodeca.com,» 2019. [En línea]. Available: https://www.sodeca.com/repository/documentos/ES/SE03_CJS_2015ES.pdf. [Último acceso: 17 Enero 2019].
- [36] Saunier Duval, «www.calex.es,» 2016. [En línea]. Available: https://www.calex.es/pdf/termos/sdn_sdc.pdf. [Último acceso: 18 Enero 2019].
- [37] Ayto. de Santander, «Ordenanza Municipal sobre la Captación y el Aprovechamiento de la Energía Solar Térmica,» 2006.
- [38] Weishaupt, «www.sedical.com,» [En línea]. Available: <https://www.sedical.com/productos/paneles-solares-termicos-weishaupt-es/colector-solar-termico-weishaupt-de-2-tomas-wts-f1-k1k2-2>. [Último acceso: 18 Enero 2019].
- [39] Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, «www.boe.es,» 23 Abril 1997. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8669-consolidado.pdf>. [Último acceso: 20 Enero 2019].
- [40] IDAE, «energia.gob.es,» 20 Julio 2014. [En línea]. Available: https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf. [Último acceso: 24 Enero 2019].
- [41] Dreamstime, «www.dreamstime.com,» 2000. [En línea]. Available: <https://www.dreamstime.com/isolated-brick-wall-thermal-insulation-concept-white-background-d-illustration-isolated-brick-wall-thermal-insulation-concept-image112656366>. [Último acceso: 09 Febrero 2019].
- [42] Mitsubishi Electric, «www.mitsubishielectric-sat.es,» [En línea]. Available: <http://www.mitsubishielectric-sat.es/city-multi/>. [Último acceso: 14 01 2019].
- [43] B. T. & A. W. Variable Refrigerant Flow Systems, «www.gsa.gov,» Diciembre 2012. [En línea]. Available: https://www.gsa.gov/cdnstatic/GPG_VRF_Report_-_FINAL_DRAFT_4-16-13.pdf. [Último acceso: 14 Enero 2019].
- [44] Mitsubishi Electric, «www.mitsubishi-les.info,» [En línea]. Available: https://www.mitsubishi-les.info/database/servicemanual/files/02_MEE05K358_R2.pdf. [Último acceso: 15 Enero 2019].
- [45] Herz Energietechnik GmbH, «www.herz-energie.at,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.herz-energie.at/en/products/wood-chip-pellet-boiler/herz-firematic-80-301/>. [Último acceso: 09 Febrero 2019].
- [46] Homra Logs , «homralogs.com,» 2019. [En línea]. Available: <https://homralogs.com/products/enplus-certified-wood-pellets>. [Último acceso: 09 Febrero 2019].



- [47] Threeline Technology, «www.threeline.es,» 2018. [En línea]. Available: http://www.threeline.es/images/com_hikashop/upload/Productos/OUTLET/t5lw.png. [Último acceso: 02 Febrero 2019].

- [48] Philips Lighting, «www.lighting.philips.es,» [En línea]. Available: http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/luminarias-empotrables/powerbalance-empotrable/910502002903_EU/product#. [Último acceso: 02 Febrero 2019].

- [49] Secom Iluminación, «www.secom.es,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.secom.es/catalogo/sistemas-iluminacion-interior/aircom-circular-luminaria-downlight-led/>. [Último acceso: 09 Febrero 2019].